PENGARUH PUTARAN MOTOR PEMBANGKIT GELOMBANG TERHADAP JENIS GELOMBANG YANG DIHASILKAN

(Skripsi)

Oleh:

ARIZA RAHMAN

2015021046

PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2024

ABSTRAK

PENGARUH PUTARAN MOTOR PEMBANGKIT GELOMBANG TERHADAP JENIS GELOMBANG YANG DIHASILKAN

Oleh

Ariza Rahman

Sebagai negara maritim, Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Dua pertiga wilayah Indonesia merupakan perairan dan letak geografis tersebut juga menjadi ciri khas Indonesia yang dapat dijadikan potensi pengembangan teknologi maritim. Karakteristik gelombang dibutuhkan untuk mendukung proses perancangan struktur bawah kelautan, misalnya pipa bawah laut, TLP, terowongan bawah tanah, dan lain-lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi Gerakan partikel air berdasarkan pada teori gelombang ombak, untuk mendapatkan jenis gelombang Airy atau Stokes berdasarkan variasi putaran motor, dan mengetahui karakteristik gelombang yang dihasilkan. Identifikasi dilakukan dengan mengamati pergerakan objek uji yang mempresentasikan partikel air, dengan menggunakan aplikasi video *tracker*. Berdasarkan gerak orbit partikel membentuk *elips* yang kemudian dilakukan karakterisasi berdasarkan teori ombak. Penelitian dilakukan terhadap variasi putaran motor untuk mendapatkan jenis gelombang yang berbeda-beda. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa kecepatan putar motor mempengaruhi jenis gelombang yang dihasilkan. Kemudian, dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan putar motor maka amplitudo yang dihasilkan semakin besar dan panjang gelombang semakin pendek.

Kata kunci: Airy, Stokes, Gelombang, Gerak Orbit, *Elips*, Kecepatan Putar.

ABSTRACT

EFFECT OF WAVE GENERATOR MOTOR ROTATION ON THE TYPER OF WAVE GENERATED

By

Ariza Rahman

As a maritime country, Indonesia is the largest archipelago in the world. Two-thirds of Indonesia's territory is water and this geographical location also characterizes Indonesia which can be used as a potential for maritime technology development. Wave characteristics are needed to support the design process of submarine structures, such as submarine pipes, TLP, underground tunnels, and others. This research aims to identify the movement of water particles based on wave theory, to obtain the type of Airy or Stokes wave based on variations in motor rotation, and to determine the characteristics of the waves produced. Identification is done by observing the movement of test objects that represent water particles, using a video tracker application. Based on the orbital motion of the particles to form an ellipse which is then characterized based on wave theory. Research was conducted on variations in motor rotation to obtain different types of waves. From this research, it is concluded that the rotational speed of the motor affects the type of wave produced. Then, it can be concluded that the greater the rotational speed of the motor, the greater the amplitude produced and the shorter the wavelength.

Keywords: Airy, Stokes, Wave, Orbit Motion, Elips, Rotating Speed.

PENGARUH PUTARAN MOTOR PEMBANGKIT GELOMBANG TERHADAP JENIS GELOMBANG YANG DIHASILKAN

Oleh:

ARIZA RAHMAN

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusam Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung

PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2024

Judul Skripsi	:	**PENGARUH PUTARAN MOTOR PEMBANGKIT GELOMBANG TERHADAP JENIS GELOMBANG YANG DIHASILKAN**
Nama Mahasiswa	:	Ariza Rahman
Nomor Pokok Mahasiswa	:	2015021046
Jurusan	:	Teknik Mesin
Fakultas	:	Teknik

MENYETUJUI

Komisi Pembimbing

Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T.	**Asnawi Lubis, S.T., M.Sc., Ph.D.**
NIP 19690801 199903 1 002	NIP 19700412 199703 1 006

Ketua Jurusan Teknik Mesin	Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin
Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., Ph.D.	**Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc.**
NIP 19710817 199802 1 003	NIP 19790821 200312 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T.** .....

Anggota Penguji : **Asnawi Lubis, S.T., M.Sc., Ph.D.** .....

Penguji Utama : **Novri Tanti, S.T., M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **30 September 2024**

LEMBAR PERNYATAAN

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 43 PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN PERATURAN REKTOR No. 12 TAHUN 2022.

Bandar Lampung, 24 Oktober 2024

Pembuat Pernyataan

Ariza Rahman

NPM 2015021046

MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.” (QS. Al-Insyirah:5)

مَنْ جَدَّ وَجَدَ

"Barang siapa yang bersungguh-sungguh, ia akan mencapai tujuannya."
(Akbar Zainuddin)

"Everybody is a genius. But if you judge a fish by its ability to climb a tree, it will live its whole life believing that it is stupid." (Albert Einstein)

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullohi Wabarokatuh

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat dan hidayah, serta lindungan-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan menyelesaikan laporan skripsi dengan lancar dan tetap dalam keadaan sehat. Shalawat serta salam tak lupa penulis sanjungkan kepada Nabi Muhammad S.A.W. yang telah membimbing umatnya menuju kehidupan yang berakhlak dan berilmu yang baik sehingga dapat menjalani kehidupan dengan baik dan benar. Skripsi ini dibuat sebagai tanda hasil pengerjaan tugas akhir yang penulis lakukan. Diharapkan karya tulis ini dapat menjadi salah satu bentuk perkembangan dalam ilmu di bidang mekanika, terkhusus dalam bidang mekanika struktur. Skripsi ini juga merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Semoga karya tulis ini dapat membawa manfaat bagi yang membaca dan yang mengutip serta dapat dijadikan acuan untuk studi-studi selanjutnya. Selesainya skripsi ini tidak luput dari bantuan, bimbingan dan arahan dari semua pihak, oleh karena itu penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak Suparmin dan Ibu Al Mukaromah yang selalu mendampingi, mendidik, mendoakan, mendukung, dan memberikan restu penulis dapat tetap bersemangat menyelesaikan studi Teknik Mesin.

2. Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc., selaku Ketua Prodi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Dr. Asnawi Lubis, selaku kepala Laboratorium Mekanika Struktur sekaligus sebagai Dosen Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu dan mebimbing skripsi ini.
6. Ibu Novri Tanti, S.T., M.T., selaku kepala Laboratorium Komputasi Mekanik sekaligus Penguji yang telah bersedia mengoreksi serta meluruskan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Amrizal, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing akademik yang bersedia menjadi pembimbing sekaligus pamong selama masa studi.
8. Seluruh staff dan karyawan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
9. Teman-teman Laboratorium Mekanika Struktrur, Wiyoga Satriatama, Riza Tohariyansyah, Chairil Anwar, Ragil Alvin Dinata, Frima Pratalian, Taufik Nurkalam, Flavio Figo, Doddy Simanjuntak, Malik Riyan Hidayat, teman seperjuangan skripsi yang saling membantu.
10. Bob dan Mahez selaku teman terbaik selama perkuliahan yang selalu membantu dalam perkuliahan maupun skripsi.

11. Teman-teman Angkatan 2020 yang telah ada menemani, mendengarkan keluhan, memberikan motivasi, dan memberikan dorongan semangat sejak September 2020 menjalin kekeluargaan.
12. Untuk sebuah nama, yang tak mungkin disebutkan dalam karya tulis ini. Terimakasih selalu hadir dalam sebutan doa penulis, terlibat dalam proses penelitian, dan menjadi salah satu alasan penyebab syukur itu hadir. Semoga tetap selalu sehat, selamat, dan semangat mendampingi penulis hingga namanya tertulis dalam buku yang mana semestinya.

Penulis menyadari bahwa isi skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh daru sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak yang bersifat membangun dalam rangka penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bandar Lampung,
Penulis

Ariza Rahman

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Pringsewu, Provinsi Lampung pada tanggal 19 Agustus 2001. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Suparmin dan Ibu Al Mukaromah. Penulis menempuh Pendidikan dasar di SD MUHAMMADIYAH WARINGINSARI BARAT yang ditempuh pada tahun (2008-2014), lalu dilanjutkan

Di SMP NEGERI 3 PRINGSEWU yang ditempuh pada tahun (2014-2017), dan SMA NEGERI 1 PRINGSEWU yang ditempuh pada tahun (2017-2020), hingga pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN)

Penulis pernah melakukan kerja praktek (KP) di **PT. PERKEBUNAN NUSANTARA VII**, Bekri, Lampung tahun 2023 dengan judul laporan "Analisis Gaya Tekan Pemecah Nut Pada Alat Ripple Mill di PT. PERKEBUNAN NUSANTARA VII (PTPN7) Unit Bekri"

Kemudian pada tahun 2024 penulis melakukan penelitian dengan judul **PENGARUH PUTARAN MOTOR PEMBANGKIT GELOMBANG TERHADAP JENIS GELOMBANG YANG DIHASILKAN** dibawah bimbingan Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T. dan Bapak Asnawi Lubis, S.T., M.Sc., Ph.D.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI		xiii
DAFTAR GAMBAR		xv
BAB I PENDAHULUAN		1
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Tujuan	3
1.3	Hipotesis	3
1.4	Batasan Masalah	3
1.5	Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA		6
2.1	Gelombang Air	6
2.2	Karakteristik Gelombang Air	7
2.2.1	Teori Gelombang Airy	8
2.2.2	Teori Gelombang Stokes	8
2.2.3	Teori Gelombang Cnoidal	9
2.2.4	Teori Gelombang Solitary	10
2.3	Kinematika Partikel	12
2.4	Gaya Apung (*Buoyancy*)	13
2.5	Motor Listrik	15
2.6	Dimmer	16
2.7	Tracker	16
2.8	MATLAB	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		20
3.1	Waktu dan Tempat	20
3.2	Diagram Alir Penelitian	21
3.3	Metode Penelitian	22

3.3.1 Eksperimen 22
3.3.2 Analitik 28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 30
4.1. Karakterisasi Gelombang Ombak 30
4.2. Eksperimen dan Analitik 31
4.2.1 Kecepatan Putaran n_1 = 100 rpm 32
4.2.2 Kecepatan Putar n_2 = 102,5 rpm 35
4.2.3 Kecepatan Putar n_3 = 105 rpm 38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 44
5.1 Kesimpulan 44
5.2 Saran 44
DAFTAR PUSTAKA 46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Definisi Gelombang 6

Gambar 2. Profil Permukaan Ombak 7

Gambar 3. Gelombang *Cnoidal* 9

Gambar 4. Gelombang Tunggal 10

Gambar 5. Klasifikasi Penerapan Teori Ombak 11

Gambar 6. Variasi kecepatan objek uji air terhadap kedalaman 12

Gambar 7. Variasi lintasan objek uji air, (a) Laut dangkal, (b) Laut menengah, (c) Laut dalam (Sarkapaya, 2010) 13

Gambar 8. Hukum Arcimedes 14

Gambar 9. Diagram Alir Penelitian 21

Gambar 10. Alat Uji Pengombak 23

Gambar 11. Pengujian penelitian 24

Gambar 12. Dimmer 24

Gambar 13. Langkah memasukkan data 26

Gambar 14. Pengaturan *gradient* warna 26

Gambar 15. Kalibrasi *stick* 27

Gambar 16. *Point Mass* 27

Gambar 17. Auto Tracking 28

Gambar 18. Hasil pengolahan data 28

Gambar 19. Profil Perpindahan Objek Uji 31

Gambar 20. Bentuk lintasan partikel air pada n_1 = 100 rpm 33

Gambar 21. Profil Perbandingan Eksperimen dengan Analitik n_1 = 100 rpm 34

Gambar 22. Profil Gelombang Ombak n_1 35

Gambar 23. Bentuk Lintasan Partikel Air n_2 = 102,5 rpm 36

Gambar 24. Profil Perbandingan Eksperimen dengan Analitik n_2 = 102,5 rpm 37

Gambar 25. Profil Gelombang Ombak n_2 38
Gambar 26. Bentuk Lintasan Partikel Air n_3 = 105 rpm 39
Gambar 27. Profil Perbandingan Eksperimen Dengan Analitik n_3 = 105 rpm 40
Gambar 28. Profil Gelombang Ombak n_3 41
Gambar 29. Grafik Nilai Amplitudo dengan kecepatan putar n_1, n_2, dan n_3 42
Gambar 30. Grafik Tinggi Gelombang Terhadap Waktu n_1, n_2, dan n_3 43

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang terdiri dari 2/3 bagiannya adalah lautan. Lautan di Indonesia memiliki panjang garis pantai mencapai 95.000 km. Data tersebut menjadikan Indonesia sebagai negara kepulauan dan negara maritim terbesar di dunia. Letak geografis tersebut juga menjadi ciri khas Indonesia yang dapat dijadikan potensi pengembangan negara lebih lanjut. Indonesia merupakan negara maritim sehingga perlu meningkatkan teknologi maritimnya. Dua pertiga wilayah Indonesia merupakan perairan, sehingga informasi iklim gelombang sangat penting untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan transportasi laut.

Dari segi iklim, gelombang dipengaruhi oleh faktor meteorologi. Di Indonesia sangat dipengaruhi oleh musim barat, timur, dan peralihan. Tergantung pada karakteristik musiman ombak, penting untuk memperhatikan pergerakan musiman. Karakteristik gelombang seperti tinggi, periode dan arah gelombang merupakan karakteristik fisik laut yang sangat penting dalam merencanakan perjalanan laut (Efendi dkk., 2023). Gelombang laut bisa disebabkan oleh angin, gravitasi matahari dan bulan, letusan gunung berapi atau gempa di laut, kapal yang bergerak, dan sebagainya.

Salah satu persoalan penting yang perlu diketahui dalam menganalisis perilaku dinamik struktur kemaritiman adalah gaya hidrodinamik. Gaya hidrodinamik terjadi akibat interaksi antara fluida dan struktur melalui ombak. Dalam analisis gaya hidrodinamik, telah dikembangkan teori pendekatan untuk mendefinisikan

bermacam-macam jenis gelombang. Dari studi literatur gelombang air dapat diklasifikasikan menjadi 4 jenis yaitu Gelombang *Airy, Cnoidal, Stokes, dan Solitary* (Akmal dkk., 2023).

Teori Gelombang *Airy* merupakan teori *Stokes* orde pertama. Dengan mengabaikan orde yang lebih tinggi dari persamaan yang digunakan pada teori *Stokes*, maka teori *Airy* berlaku untuk ketinggian ombak yang relatif kecil dibandingkan panjang ombak. Ciri khas dari teori *Airy* adalah ombak yang direpresentasikan berbentuk *sinusoidal*. Sedangkan teori *Cnoidal* merupakan teori yang diperuntukkan untuk periodik gelombang yang tajam dan dipisahkan oleh lembah. Sedangkan gelombang *Stokes* mengasumsikan kecepatan potensial sebagai deret kuadrat dari parameter gangguan dan solusi diperoleh jika kondisi ombak tidak terlalu curam dan kedalaman laut tidak terlalu rendah. Gelombang *Solitary* adalah gelombang yang hanya memiliki puncak satu buah atau biasa dikenal dengan gelombang puncak tunggal. Amplitudo akan semakin tinggi jika memasuki perairan yang dangkal. Puncaknya menjadi tajam dan lembahnya datar (Kusmanto dan Hasanudin, 2019).

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah ada mengenai pengaruh besar kecilnya gelombang air terhadap penerapan perancangan struktur kelautan, belum ditemukan penelitian tentang karakteristik ombak terhadap penggunaan pembuatan struktur kelautan secara spesifik, sehingga dinilai perlu dilakukan kajian yang komprehensif. Perlu diketahui juga apakah pengaruh kecepatan motor penggerak pada suatu media objek uji juga memberikan pengaruh yang sama pada karakteristik ombak. Model kajian berfokus pada gerak objek uji pada gelombang ombak dengan variasi kecepatan motor penggerak sebagai sarana pengaruh ombak terhadap suatu penerapannya. Sebagai studi kasus digunakan Aplikasi Video Tracker sebagai media pembacaan gerak perpindahan objek uji dalam air dan validasi menggunakan MATLAB sebagai media analisis perhitungannya. Penelitian ini memiliki urgensi sebagai analisis karakterisasi gelombang air dibutuhkan untuk mendukung proses perancangan struktur kelautan, misalnya pipa bawah laut, TLP, terowongan bawah laut dan lain-lain.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi gelombang ombak pada media ombak, dengan tujuan khusus:

Melakukan kajian secara analitik dan eksperimen guna mengidentifikasi gerakan partikel air berdasarkan pada teori gelombang ombak. Untuk mendapatkan jenis gelombang dilakukan dengan variasi kecepatan penggerak dan mengetahui karakteristik gelombang yang dihasilkan dengan variasi kecepatan putar, yaitu n_1 = 100 rpm, n_2 = 102,5 rpm, dan n_3 = 105 rpm.

1.3 Hipotesis

Penulis memiliki hipotesis pada kajian penelitian ini sebagai berikut:

1. Semakin besar kecepatan penggerak maka gelombang yang dihasilkan semakin besar, dimana tinggi gelombang semakin tinggi tetapi panjang gelombang semakin pendek.
2. Posisi objek uji mempengaruhi bentuk lintasan partikel air, pada permukaan air kecepatan yang didapat besar dan semakin dalam kecepatan objek uji menurun.

1.4 Batasan Masalah

Dengan melihat permasalahan yang terjadi. penulis membatasi masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan secara eksperimen dan analitik.
2. Karakteristik ombak yang dianalisis sesuai dengan alat media ombak yang ada di lab mekanika struktur.
3. Indentor adalah objek mengapung, misalnya pelampung.
4. Pengujian objek uji dilakukan pada permukaan air.
5. Tidak merubah eksentrisitas selama pengujian.

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab:

Bab I adalah Pendahuluan**,** Pada bagian ini dijelaskan secara singkat latar belakang dilakukannya penelitian. Kemudian dijelaskan pula secara singkat mengenai metode yang akan digunakan dan batasannya. Dibutuhkan wawasan dalam mengetahui dasar-dasar karakterisasi dan teori mengenai gelombang air. Memfokuskan penelitian, penelitian ini ditekankan pada beberapa pokok subjek yang terdapat pada batasan masalah.

Bab II adalah Tinjauan Pustaka**,** Berisi tentang teori dasar yang digunakan untuk dapat melakukan penelitian. Hanya berisi teori yang paling berkaitan dengan penelitian, diantaranya subbab pertama menjelaskan tentang gelombang air, karakteristik gelombang air, dan kinematika objek uji air. Subbab selanjutnya menjelaskan gaya apung, motor listrik dan dimmer. Subbab terakhir berisi tentang penerapan penggunaan dan prinsip kerja pada aplikasi video *tracker* dan matlab.

Bab III adalah Metodologi**,** Pada bagian ini dijabarkan tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian. Termasuk di dalamnya adalah agenda dan rancangan waktu penelitian seperti teknis perancangan alat dan media objek uji ombak, teknik pengambilan data menggunakan eksperimen dan analitik. Pada teknik pengambilan data dijelaskan dengan mengukur panjang gelombang, tinggi gelombang, dan periode dari variasi kecepatan penggerak.

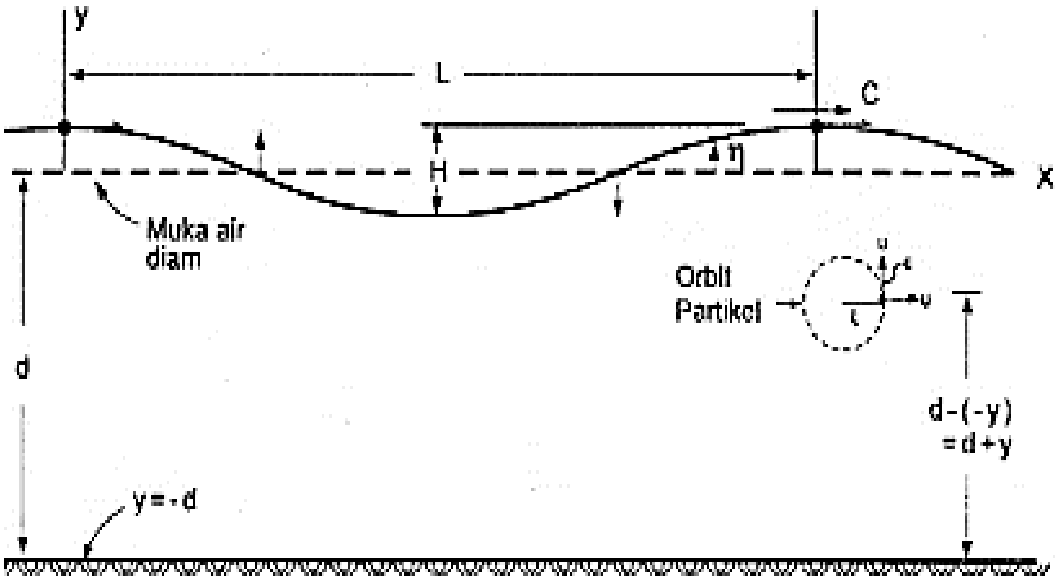
Bab IV adalah Hasil dan Pembahasan**,** Hasil penelitian dijabarkan pada bab ini yang diawali dengan penjabaran hasil dan dilanjutkan dengan pembahasan hasil yang telah didapatkan. Dalam penjabaran hasil dan pembahasan didapatkan data berupa grafik pendekatan karakterisasi gelombang ombak dengan variasi kecepatan penggerak terhadap perhitungan klasifikasi teori ombak. Bab ini juga membahas parameter-parameter yang berpengaruh dalam pengambilan data. Parameter-parameter yang mempengaruhi perbedaan diantaranya adalah periode gelombang, panjang gelombang, dan tinggi gelombang.

Bab V adalah Kesimpulan dan Saran, Kesimpulan yang didapatkan kemudian dituliskan pada bagian ini secara ringkas dan jelas. Kemudian dilanjutkan dengan saran untuk kelanjutan penelitian ini. Semua bertujuan agar penelitian berikutnya atau pengembangannya lebih sempurna dibandingkan penelitian sebelumnya.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Air

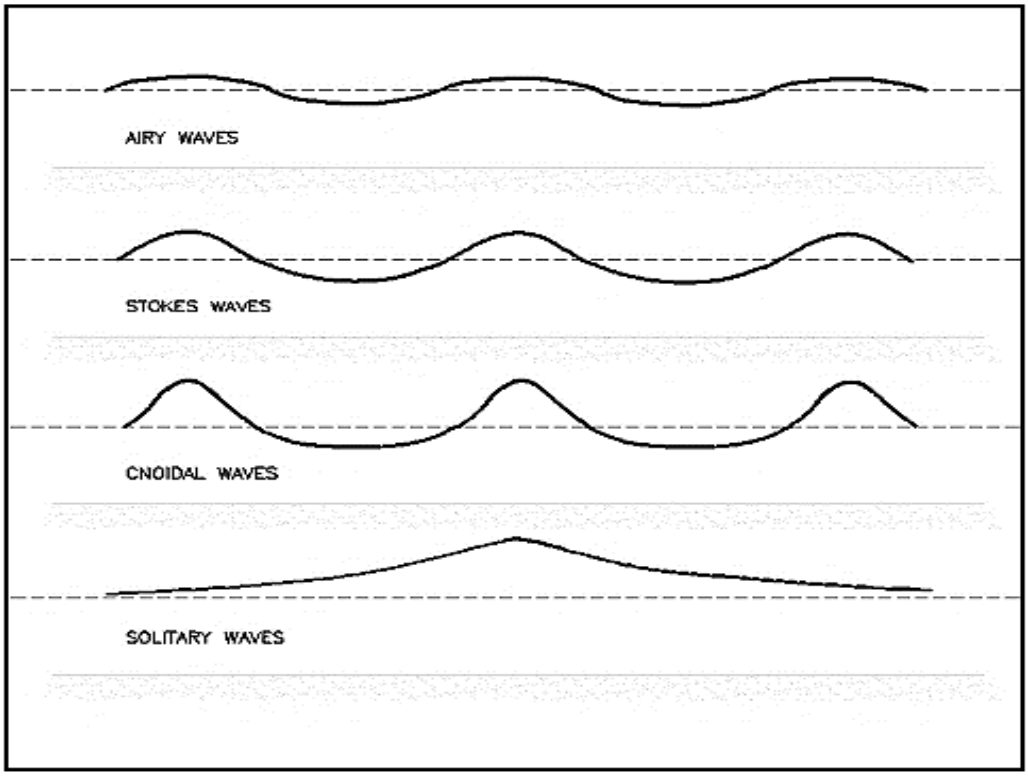
Gelombang merupakan salah satu fenomena alam yang sering terjadi di laut. Gelombang laut merupakan peristiwa naik dan turunnya permukaan laut secara vertikal yang membentuk kurva seperti pada Gambar 1. gelombang air disebut gelombang gravitasi kapiler, dan dinamikanya diatur oleh gaya pemulih gravitasi yang bekerja pada gangguan pada permukaan air, dan oleh tegangan permukaan yang bekerja antara air dan udara (Kennedy, 2019). Gelombang air dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya adalah kecepatan angin, panjang atau jarak hembusan angin, dan geometri lautan. Teori paling sederhana adalah teori gelombang Airy atau yang disebut teori gelombang linier atau gelombang amplitudo kecil (Mulyabakti dkk., 2016).



Gambar 1. Definisi Gelombang
(Indarto dkk., 2020)

2.2 Karakteristik Gelombang Air

Karakterisasi gelombang air merupakan gambaran umum atau kegiatan untuk mengetahui sifat dan karakter sebuah gelombang air. Ada beberapa teori dengan berbagai derajat kerumitan dan ketelitian untuk menggambarkan gelombang di alam, diantaranya adalah teori *Airy*, *Stokes*, dan *Cnoidal*. Secara umum bentuk gelombang bersifat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena tidak linier dalam tiga dimensi dan mempunyai bentuk acak dimana rangkaian gelombang mempunyai tinggi gelombang dan periode yang berbeda. Beberapa teori hanya menjelaskan bentuk gelombang sederhana dan membentuk pendekatan gelombang alami. Ada beberapa teori seperti pada Gambar 2 dengan tingkat kerumitan dan keakuratan yang berbeda-beda untuk menggambarkan gelombang di alam, diantaranya adalah teori *Airy*, *Stokes*, *Choidal*, dan *Solitary*. Teori yang paling sederhana adalah teori Airy, juga dikenal sebagai teori gelombang linier atau gelombang amplitudo. Teori ini juga memberikan model persamaan yang penting untuk menentukan sifat-sifat gelombang pada permukaan (Joseph dkk., 2023).



Gambar 2. Profil Permukaan Ombak

2.2.1 Teori Gelombang Airy

Teori gelombang Airy (teori amplitudo kecil) dikenal juga sebagai teori gelombang linear, adalah pendekatan yang digunakan untuk memahami gelombang di permukaan air. Teori gelombang paling umum digunakan untuk menghitung beban gelombang yang terjadi pada struktur. Teori gelombang Airy juga dikenal sebagai teori gelombang amplitudo kecil, dengan mengasumsikan bahwa ketinggian gelombang sangat kecil dibandingkan dengan panjang gelombang dan kedalaman laut. Gelombang Linear yang sering diidealisasikan sebagai teori gelombang amplitudo kecil (*Airy*) menggunakan dua parameter nondimensional, yaitu kecuraman gelombang (H/L) dan kedalaman relatif (d/L). Kecuraman gelombang merupakan perbandingan antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Harga kecuraman gelombang yang besar mengakibatkan teori gelombang *Airy* tidak valid digunakan. Sedangkan kedalaman relatif adalah perbandingan kedalaman dan panjang gelombang. Kedalaman relatif menentukan apakah gelombang terdispersi atau tidak dan menentukan apakah kecepatan gelombang merambat, panjang dan tinggi gelombang dipengaruhi oleh kedalaman. Adapun persamaan gelombang linear untuk permukaan air ditunjukkan pada persamaan (1) (Hutahean dkk., 2005).

$$\eta = \frac{H}{2}\cos(kx - \sigma t) \qquad (1)$$

2.2.2 Teori Gelombang Stokes

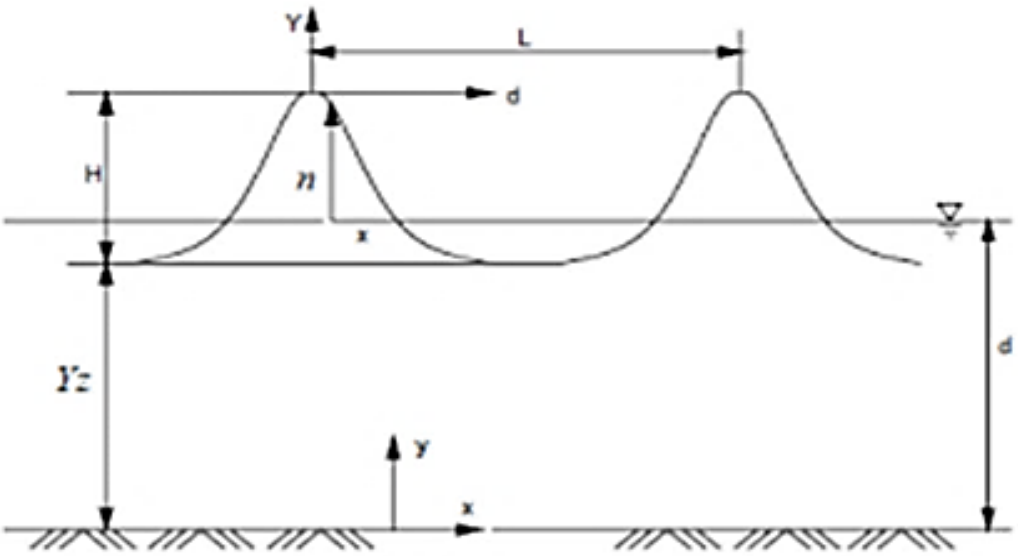
Dalam teori gelombang linier, fluktuasi ketinggian air hanya terjadi pada orde pertama. Untuk gelombang dengan amplitudo terbatas, besaran orde tinggi dari bentuk umum harus diperhitungkan. Stokes mengembangkan teori orde kedua untuk gelombang dengan tinggi gelombang kecil namun berbatas. Stokes mengembangkan formulasi dari teori gelombang *Airy* yang mengasumsikan tinggi gelombang adalah sangat kecil jika dibandingkan dengan panjangnya atau kedalamannya. Apabila tinggi gelombang relatif besar, maka digunakan teori gelombang yang memiliki orde lebih tinggi, yaitu teori gelombang *Stokes* atau teori gelombang lain. Teori gelombang *Stokes* dapat bervariasi sesuai tinggi orde yang

digunakan. Adapun persamaan gelombang nonlinier untuk permukaan air ditunjukkan pada persamaan (2).

$$\eta = \frac{H}{2}\cos(kx - \sigma t) + \frac{\pi H^2}{8L}\frac{\cosh kd}{sinh^3}(2 + cosh\ 2kd)\ cos\ 2(kx - \sigma t) \qquad (2)$$

2.2.3 Teori Gelombang Cnoidal

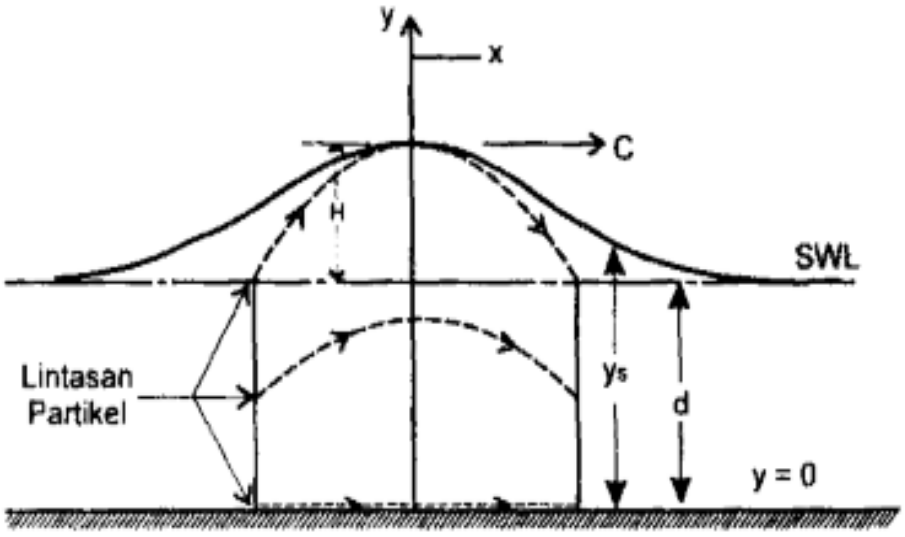
Teori gelombang amplitudo berbatas dari Stokes terjadi ketika perbandingan antara kedalaman dan panjang gelombang d/L adalah lebih besar daripada sekitar 1/8 - 1/10. Untuk gelombang panjang dengan amplitudo berbatas di laut dangkal lebih sesuai jika digunakan teori gelombang Cnoidal. Gelombang Cnoidal merupakan gelombang periodik yang umumnya memiliki puncak tajam yang dipisahkan oleh lembah yang sedikit panjang. Teori ini terjadi jika d/L < 1/8 dan parameter *Ursell* Ur > 26. Parameter Ursell didefinisikan sebagai Ur = HL^2/D^3. Gambar 3 menunjukkan beberapa parameter gelombang knoidal. Semakin dangkal perairan, semakin besar deformasi yang terjadi dan pada perairan yang sangat dangkal bagian lembah hilang sama sekali sehingga terbentuk gelombang cnoidal sempurna (Hutahaean, 2011).



Gambar 3. Gelombang *Cnoidal*

2.2.4 Teori Gelombang Solitary

Gelombang tunggal (*solitary wave*) adalah gelombang bergerak yang terdiri atas puncak gelombang. Gelombang solitary mempunyai kemiripan dengan gelombang tsunami dan oleh karena itu sering digunakan sebagai penggantinya dalam studi tsunami (Luo dkk., 2019). Jika gelombang memasuki perairan yang sangat dangkal, maka amplitudonya berubah lebih tinggi, puncaknya menjadi lebih tajam, dan lembah menjadi lebih datar. Gelombang tunggal merupakan gelombang translasi, kecepatan partikel air bergerak searah dengan rambat gelombang seperti pada Gambar 4.

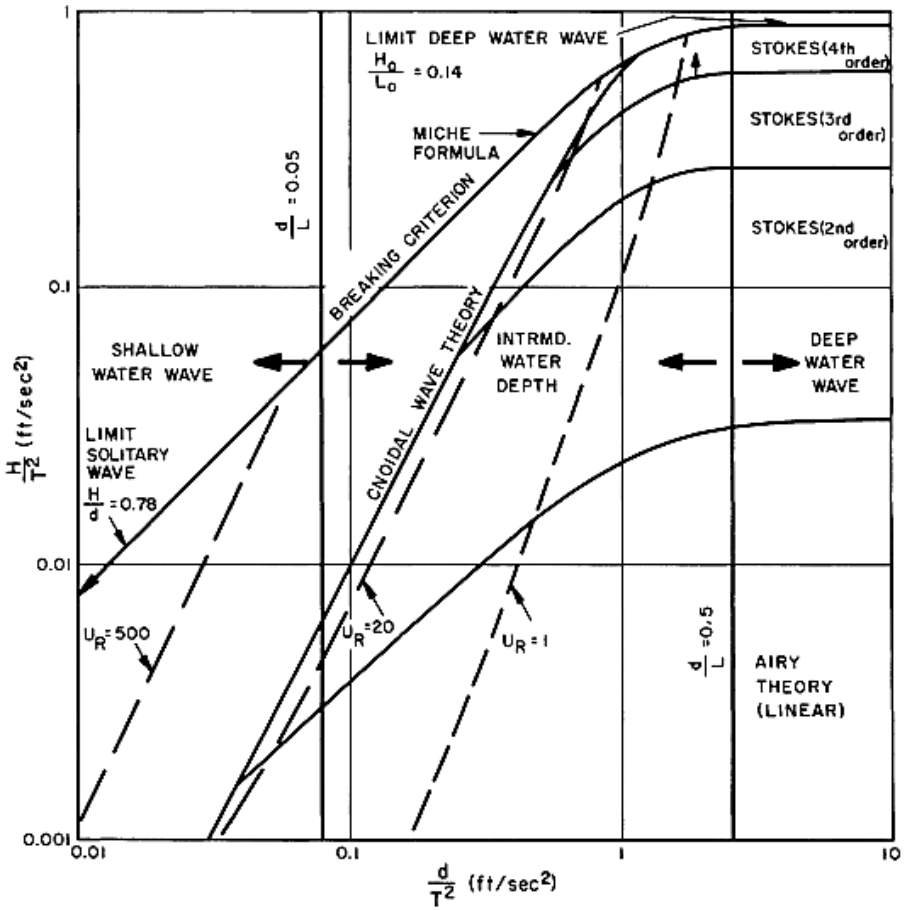


Gambar 4. Gelombang Tunggal

Pemilihan teori gelombang harus didasarkan pada parameter gelombang, yaitu periode, tinggi dan kedalaman. Setiap teori gelombang berlaku hanya dalam kondisi tertentu. Pembagian penerapan teori gelombang berdasarkan periode, tinggi dan kedalaman. Pada kondisi laut yang dangkal, dapat digunakan teori Cnoidal. Teori ini dapat mempresentasikan ombak yang curam dengan puncak ombak yang lancip dan lembah ombak yang datar. Keterbatasan teori Cnoidal adalah tidak valid terhadap kondisi panjang ombak yang sangat panjang atau tidak terhingga (Sarpkaya, 2010). Pada kondisi ini teori Solitary dapat digunakan. Pemilihan teori ombak harus berdasarkan parameter ombak yaitu periode, ketinggian dan

kedalaman. Setiap teori ombak hanya valid untuk diterapkan pada kondisi tertentu. Pembagian wilayah penerapan teori ombak berdasarkan periode.

Untuk merepresentasikan kondisi ombak yang lebih mendekati kondisi nyata, dapat digunakan teori Stokes orde tinggi. Teori Stokes mengasumsikan kecepatan potensial sebagai deret kuadrat dari parameter gangguan dan solusi diperoleh jika kondisi ombak tidak terlalu curam dan kedalaman laut tidak terlalu rendah (Sarkapaya, 2010).



Gambar 5. Klasifikasi Penerapan Teori Ombak
(Le Mehaute, 1976)

Pemilihan teori ombak harus berdasarkan parameter ombak yaitu periode, ketinggian, dan kedalaman. Pada Gambar 5 setiap teori ombak hanya valid diterapkan pada kondisi tertentu. Berdasarkan periode, ketinggian dan kedalaman yang terdapat pada parameter akan menentukan pembagian wilayah penerapan teori.

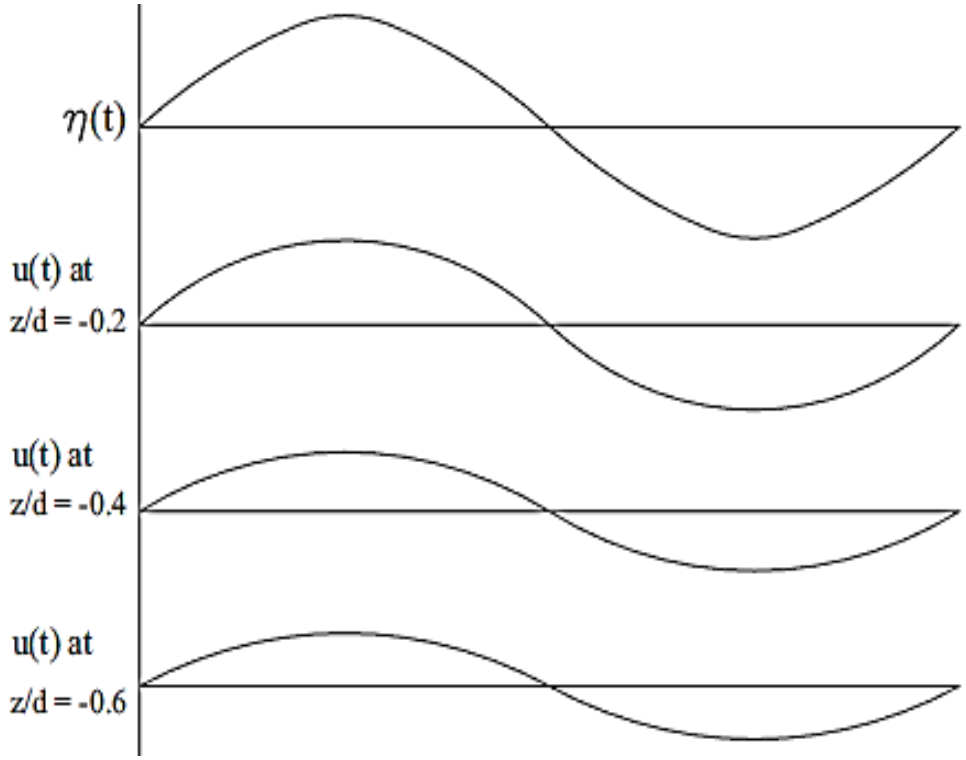
2.3 Kinematika Partikel

Kinematika partikel air sangat memberi dampak pada besarnya suatu gaya yang ditimbulkan oleh ombak. Komponen kecepatan partikel dalam arah x dan y. Persamaan (3) dan (4) merupakan kecepatan objek uji air pada arah horizontal dan vertikal.

$$v_x = \frac{\pi H}{T}\frac{\cosh[k(z+d)]}{\sinh(kd)}\cos(kx-\omega t) \tag{3}$$

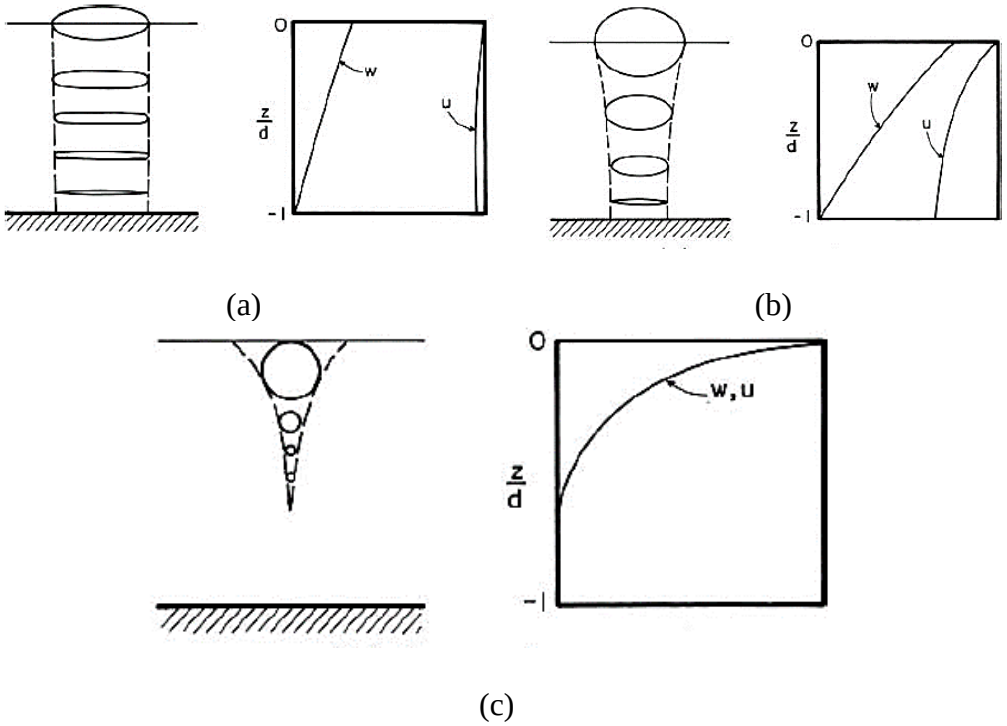
$$v_y = \frac{\partial \phi}{\partial z} = \frac{\pi H}{T}\frac{\sinh[k(z+d)]}{\sinh(kd)}\sin(kx-\omega t) \tag{4}$$

Ketika kedalaman berada di titik *z*, kecepatan suatu kinematika partikel air akan bersifat harmonik apabila Fungsi sinus dan *cosinus* hiperbolik menyebabkan pengurangan kecepatan secara eksponensial dari permukaan air sampai dasar laut. Suatu percepatan kinematika partikel air dapat diperoleh dengan penurunan kecepatan kinematika partikel air terhadap waktu.



Gambar 6. Variasi kecepatan objek uji air terhadap kedalaman
(Sundar, 2016)

Variasi kecepatan objek uji air terhadap kedalaman dapat dilihat pada Gambar 6, pada permukaan kecepatan yang didapat besar dan semakin dalam kecepatan objek uji menurun. Gerakan yang membentuk lintasan *elips* ditunjukkan pada Gambar 7 Pergerakan kinematika partikel air bergantung pada kedalaman dasar laut. Semakin dalam dasar laut, maka ketinggian ombak semakin kecil sehingga lintasan *elips* semakin tipis dan kecil. Berdasarkan kedalamannya, laut dibagi menjadi tiga macam, yaitu laut dangkal $(d/L < 1/20)$, laut menengah $(1/20 < d/L < 1/2)$ dan laut dalam $(d/L > 1/2)$. Profil lintasan objek uji air untuk ketiga macam kedalaman laut, ditunjukkan pada Gambar 7. Di mana v adalah kecepatan dan w adalah *displacement*.



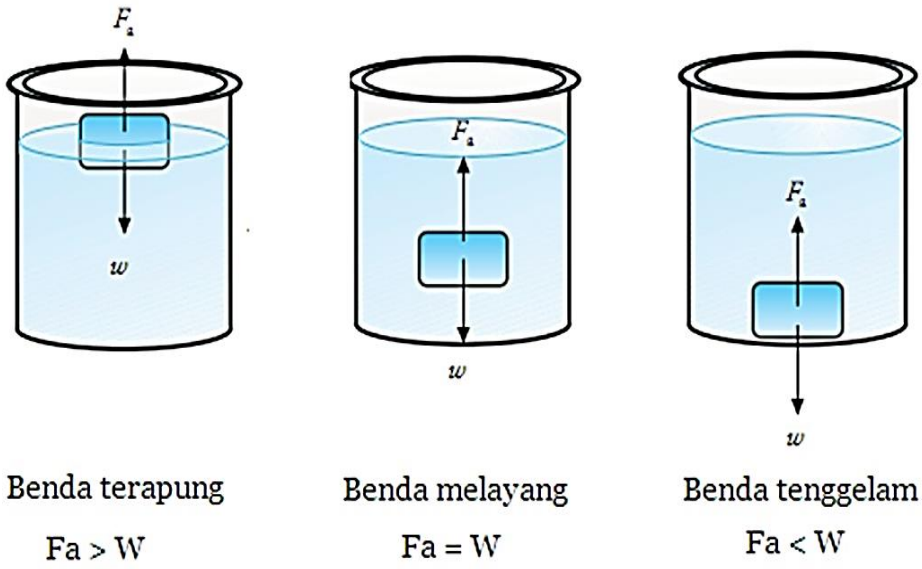
Gambar 7. Variasi lintasan objek uji air, (a) Laut dangkal, (b) Laut menengah, (c) Laut dalam (Sarkapaya, 2010)

2.4 Gaya Apung (*Buoyancy*)

Seperti yang telah dibahas pada hukum Arcimedes, semua benda yang berada di dalam air akan mengalami gaya apung (*bouyancy*). Adapun bunyi hukum

Arcimedes adalah : “benda yang tercelup ke dalam zat cair akan mengalami gaya angkat yang besarnya setara dengan berat volume zat cair yang dipindahkan”.

Besar gaya apung bergantung pada volume benda yang tercelup dan fluida yang dipindahkan (didesak). Besarnya gaya apung juga dipengaruhi oleh massa jenis fluida. Semakin besar massa jenis fluida, semakin besar gaya apungnya, dan sebaliknya. Oleh karena itu, berat benda yang tercelup dalam fluida selalu lebih kecil dari pada berat benda sesungguhnya akibat adanya gaya apung.



Gambar 8. Hukum Arcimedes

Gambar 8 menunjukkan peristiwa yang terjadi jika suatu benda dengan massa masuk ke dalam suatu zat cair, yaitu benda menjadi terapung, melayang atau tenggelam. Adapun benda terapung adalah benda yang berada di posisi jika sebagian benda tercelup di dalam zat cair dan sebagian lainnya masih berada di udara. Jika volume benda tercelup sebesar volume benda maka dalam keadaan seimbang berat benda sama dengan gaya ke atas. Dalam keadaan ini, volume benda lebih besar dibandingkan volume fluida yang dipindahkan. Benda mengapung terjadi apabila benda memiliki massa jenis lebih kecil dari pada massa jenis zat cair.

Melayang merupakan keadaan benda berada di dalam air sepenuhnya tetapi tidak menyentuh permukan dasar. Dimana volume benda sama dengan volume fluida

yang dipindahkan. Sehingga benda menjadi melayang apabila massa jenis benda bernilai sama dengan massa jenis zat cair. Syarat benda melayang adalah antara volume benda tercelup yang tidak menyentuh dasar permukaan fluida sama dengan volume benda seluruhnya dan massa jenis benda sebanding dengan massa jenis fluida.

Kondisi tenggelam adalah suatu keadaan dimana suatu benda berada di dasar permukaan fluida. Pada benda yang tenggelam, besar gaya menuju permukaan lebih kecil dibandingkan berat benda. Benda tenggelam juga memiliki syarat, yaitu benda yang tenggelam adalah suatu perbandingan volume benda yang berada di bawah permukaan fluida yang tenggelam sama dengan volume benda seluruhnya dan massa jenis benda lebih besar daripada massa jenis zat fluida.

2.5 Motor Listrik

Motor listrik merupakan alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik disebut juga dengan generator atau dinamo. Pada motor listrik yang diubah yaitu tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah energi listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Kutub-kutub dari magnet yang sama akan tolak menolak sedangkan kutub yang berbeda akan tarik menarik. Dari proses tersebut mengakibatkan gerakan jika ditempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar dan magnet yang lain pada kedudukan yang tetap. Motor listrik dapat ditemukan pada peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci, blender, pompa air, mixer dan penyedot debu. Adapun motor listrik yang digunakan untuk kerja (industri) atau yang digunakan di lapangan seperti: bor listrik, gerinda, blower, menggerakan kompresor, mengangkat bahan, dan lain-lain.

Motor AC merupakan sebuah motor listrik yang digerakkan oleh *Alternating Current* atau arus bolak balik (AC). Pada dasarnya motor AC terdiri dari dua komponen utama yaitu stator dan rotor. Stator merupakan bagian yang diam dan letaknya berada di luar. Stator mempunyai *coil* yang dialiri oleh arus listrik bolak balik dan nantinya akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Sedangkan

rotor merupakan bagian yang berputar dan posisinya berada di dalam (di sebelah dalam stator). Rotor dapat bergerak karena terdapat torsi yang bekerja pada poros yang dihasilkan oleh medan magnet yang berputar. Motor listrik AC menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu (Pattiapon dkk., 2019).

2.6 Dimmer

Dimmer adalah suatu alat atau rangkaian dari komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah tegangan dan bentuk gelombang listrik. Pada awalnya, dimmer ini digunakan untuk mengatur pencahayaan intensitas lampu. Dengan berkembangnya sebuah teknologi dan kebutuhan yang disesuaikan, dimmer juga ikut berkembang dan memiliki berbagai jenis, yaitu Dimmer PWM (Arduino), Rotary Dimmer, Dimmer Saklar. Prinsip dari sebuah rangkaian dimmer adalah dengan pengaturan phasa penyalaan tegangan AC (*Alternating Current*) yang melintasi beban (Herlan dan Prabowo, 2009). Penggunaan dimmer memungkinkan untuk menghasilkan kecepatan motor yang bervariasi sehingga parameter gelombang yang terbentuk akan bervariasi juga (Vionita dkk., 2022). Seiring perkembangannya sekarang dimmer sudah memiliki banyak kegunaan lain seperti mengatur kecepatan peralatan listrik seperti kipas angin, mesin bor, *exhaust* fan, pompa air, *blower*, motor listrik, dinamo mesin jahit, mesin cuci, gerinda, bor listrik *drill*, *mixer*, *blender* dan lain-lain.

2.7 Tracker

Salah satu aplikasi yang sering digunakan dalam pembelajaran fisika khususnya permodelan fenomena fisika tentang gerak adalah tracker. *Tracker* ditemukan oleh Douglass Brown, Wolfgang Christian, dan Robert M Hanson. *Tracker* dapat menyajikan data besaran-besaran yang terkait dengan gerak tersebut lengkap dengan grafiknya. *Tracker* adalah sebuah analisis video gratis dan perangkat yang dibuat oleh *Open Source Physics* (OSP) dengan kerangka java. Aplikasi ini didesain untuk pembelajaran fisika. Karena aplikasi menggunakan video maka aplikasi ini

tergolong ke dalam jenis aplikasi *Video Based Laboratory*. *Video Based Laboratory* (VBL) adalah aplikasi analisis edukasi yang digunakan dalam kegiatan praktikum. *Tracker* memiliki beberapa fitur, seperti pelacakan posisi objek, grafik parameter tentang gerak, filter efek, frame referensi, kalibrasi, koordinat kartesius, dan model dinamika objek uji (Wee dan Lee, 2011).

Tracker melacak melalui beberapa cara yaitu dengan pelacakan objek manual dan otomatis dengan *overlay* serta membaca data posisi pergerakan yang bergantung pada kecepatan dan akselerasi. Titik tengah suatu benda pengujian juga menjadi titik pusat suatu benda uji. *Tracker* juga memiliki beberapa pemodelan, diantaranya model *builder* yang menciptakan dua model yaitu kinematik dan dinamis dari suatu objek uji titik *massa* dan sistem dari kedua benda. Selain itu terdapat model eksternal yang menganimasikan data yang memiliki banyak titik dari pemodelan terpisah seperti pada *spreadsheet* dan *Easy Java Simulations* (Trip, 2010).

Dengan *tracker* gerak dapat diamati grafiknya baik itu grafik perpindahan terhadap waktu, jarak terhadap waktu, kecepatan terhadap waktu, percepatan terhadap waktu dan lain sebagainya. Prinsip kerja pada aplikasi *tracker* adalah membaca perpindahan objek yang bergerak pada sebuah video. Dengan berfokuskan pada suatu objek yang tertangkap dalam frame sebuah video. *Tracker* memiliki kemampuan untuk melakukan *track* (pelacakan) pada gerak suatu objek sehingga dapat diperoleh berbagai informasi yang dibutuhkan dalam analisis pada suatu peristiwa gerak. Melalui aktivitas perekaman suatu fenomena gerak yang nyata dengan menggunakan perekam video (*handycame*), maka hasil rekaman tersebut dapat diolah pada aplikasi *tracker*. Melalui cara ini, dapat diinterpretasikan berbagai data yang ditampilkan dalam perangkat, sehingga mudah untuk melakukan analisis fenomena gerak tersebut. Pemanfaatan video *analysis* dalam pembelajaran akan mengubah praktik pembelajaran guru dalam mengajar peserta didiknya (Bryan, 2004).

Langkah-langkah penggunaan video *tracker* dilakukan dengan penginstalan aplikasi terlebih dahulu. Aplikasi Tracker mudah ditemui dengan mengunjungi *physlets.org/tracker* untuk mendapatkan master program. Setelah menginstal aplikasi dilanjutkan dengan merekam fenomena gerak dengan mengambil video

sebagai bahan yang digunakan sebagai data yang dianalisis. Setelah memasukkan video dapat dilakukan pengaturan frame video, kalibrasi panjang, sumbu koordinat, menentukan point mass, membuat jalur gerakan benda, dan menganalisa tabel atau grafik.

2.8 MATLAB

MATLAB atau *Matrix Laboratory* merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh perusahaan Amerika Serikat yang bernama *MathWorks*, *Inc*. MATLAB memliki bahasa pemrograman dengan kemampuan tinggi yang dapat memecahkan berbagai masalah matematis. MATLAB sendiri memiliki bahasa yang serupa dengan *C, C+*, dan *Java*, tetapi memiliki kelebihan untuk dapat menyelesaikan berbagai masalah numerik dengan memadukan kemampuan perhitungan dalam satu paket. Salah satu aspek yang sangat berguna dari MATLAB adalah kemampuanya untuk menggambarkan berbagai jenis grafik, sehingga dapat memvisualisasi data dan fungsi yang sangat kompleks (Saprianto dkk., 2022).

Salah satu fitur yang ada pada MATAB ialah GUI (*Graphical User Interface*). MATLAB adalah salah satu program yang menggunakan interaksi elektronik secara grafis dan bukan perintah teks antara *user* dan komputer. Tujuan dari penggunaan GUI MATLAB salah satunya untuk membuat program terlihat lebih simpel dan praktis, khususnya bagi para *end-user*. Adapun fungsi dari menu–menu yang ada pada GUI MATLAB adalah sebagai berikut :

1. *Selector*, berfungsi seperti kursor untuk memilih objek–objek grafik yang ada pada GUI MATLAB.
2. *Push Button*, berfungsi untuk membuat sebuah tombol yang apabila ditekan akan menghasilkan tindakan.
3. *Slider*, berfungsi untuk membuat objek grafik yang berisi rentang angka, dimana besar angka diperoleh dengan menggeser poin pada *slider*.
4. *Radio Button*, berfungsi membuat pilihan dari beberapa poin yang hanya dapat dipilih satu poin saja.

5. *Check Box*, hampir sama dengan *Radio Button*, namun perbedaan nya pada *check box* dapat dipilih lebih dari satu kualifikasinya.
6. *Edit Text*, befungis untuk memasukkan (*input*) atau modifikasi sebuah data berbentuk angka ke dalam program MATLAB.
7. *Static Text*, berfungsi untuk menuliskan karakter atau angka pada tampilan GUI MATLAB, dan dapat pula untuk keluaran (*output*) dari program.
8. *Pop Up Menu*, berfungsi untuk membuat tampilan dari beberapa pilihan yang ditampilkan (dapat berupa angka ataupun teks).
9. *List Box*, hampir sama dengan *pop up menu* yaitu membuat tampilan dari beberapa pilihan, namun pada *list box* tampilanya dalam bentuk list.
10. *Toggle Button*, hampir sama denga *push button*, dengan perbedaan pada *toggle button* saat tombol dipilih tidak langsung kembali ke posisi semua saat tombol mouse dilepas.
11. *Axes*, berfungsi untuk menampilkan grafik ataupun gambar. *Axes* tidak masuk dalam *UIControl*, tetapi dapat diprogram agar berinteraksi dengan grafik yang ada dalam program MATLAB.
12. *Panel*, berfungsi untuk mengelompokkan objek – objek grafik yang dibuat.
13. *Button Group*, hampir sama dengan panel, namun pada *button group* yang dikelompokkan adalah *radio button dan toggle button*.
14. *Table*, berfungsi untuk menampilkan tabel pada GUI dari program MATLAB.
15. *Active X control*, berfungsi untuk mengkonfigurasikan MATLAB dengan *microsoft windows*.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

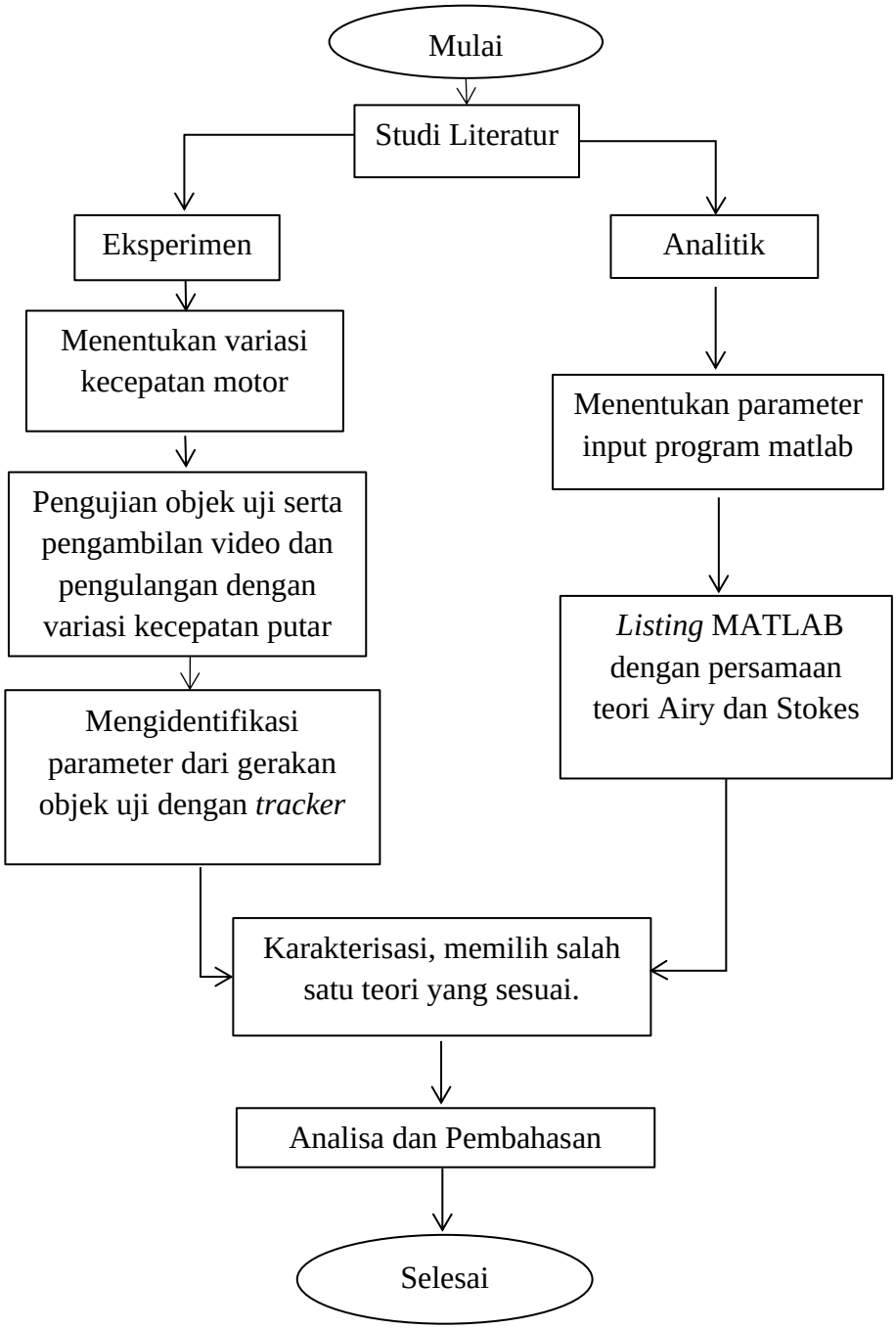
Penelitian ini yang dilakukan dengan alat pengombak buatan yang memiliki variasi frekuensi penggerak, kemudian menghasilkan ombak yang akan dihitung panjang gelombang, amplitudo, dan periode. Dalam pengujian juga terdapat gaya yang berasal dari gelombang ombak dari media penggerak berasal dari tenaga AC dari motor penggerak yang di transmisikan dengan gearbox untuk memindahkan gerakan putaran motor yang kemudian mengerakan pulley dan penggerak ombak.

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari Maret 2024 hingga Juli 2024. Lokasi penelitian berada di laboratorium Mekanika Struktur Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Penelitian dilaksanakan menggunakan metode eksperimen yang menggunakan alat pengombak buatan, setelah hasil eksperimen diperoleh perhitungan teoritik dengan persamaan *Airy* dan *Stokes.*

3.2 Diagram Alir Penelitian

Secara makro, pelaksanaan penelitian ini dapat dijelaskan diagram *flowchart* pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

Gambar 9 menunjukkan alir proses penelitian, dimana pada awal penelitian dilakukan dengan pengkajian teori. Teori yang dipelajari mengenai karakterisasi gelombang. Adapun dalam penelitian yang dilakukan teori gelombang yang digunakan sebagai pendekatan adalah teori Airy dan Stokes. Setelah mempelajari teori sebagai landasan dasar penelitian, kegiatan eksperimental dilakukan dengan pembuatan objek uji sebagai objek benda *tracking*.

Proses selanjutnya yaitu melakukan pengambilan video guna bahan input yang akan diolah dalam aplikasi *tracker* dan menjadikan sebuah data sebagai output pengolahan data perpindahan objek uji dengan pengujian pada permukaan air. Setelah grafik didapatkan sebagai nilai keluaran akhir, dilanjutkan dengan membandingkan dengan program MATLAB sebagai bukti pendekatan teori gelombang ombak.

3.3 Metode Penelitian

Pada dasarnya penelitian ini ingin mengetahui karakter gelombang secara eksperimen dari media ombak yang selanjutnya dibandingkan dengan hasil analitik yang bertujuan mengklasifikasi jenis ombak yang ada pada media ombak tersebut. Variasi kecepatan penggerak dari media ombak digunakan untuk memvariasikan frekuensi gelombang ombak yang terjadi, sehingga karakter ombak seperti tinggi gelombang, panjang gelombang, dan periode akan berbeda. Untuk penjelasan lebih lanjut dari kedua metode tersebut adalah sebagai berikut:

3.3.1 Eksperimen

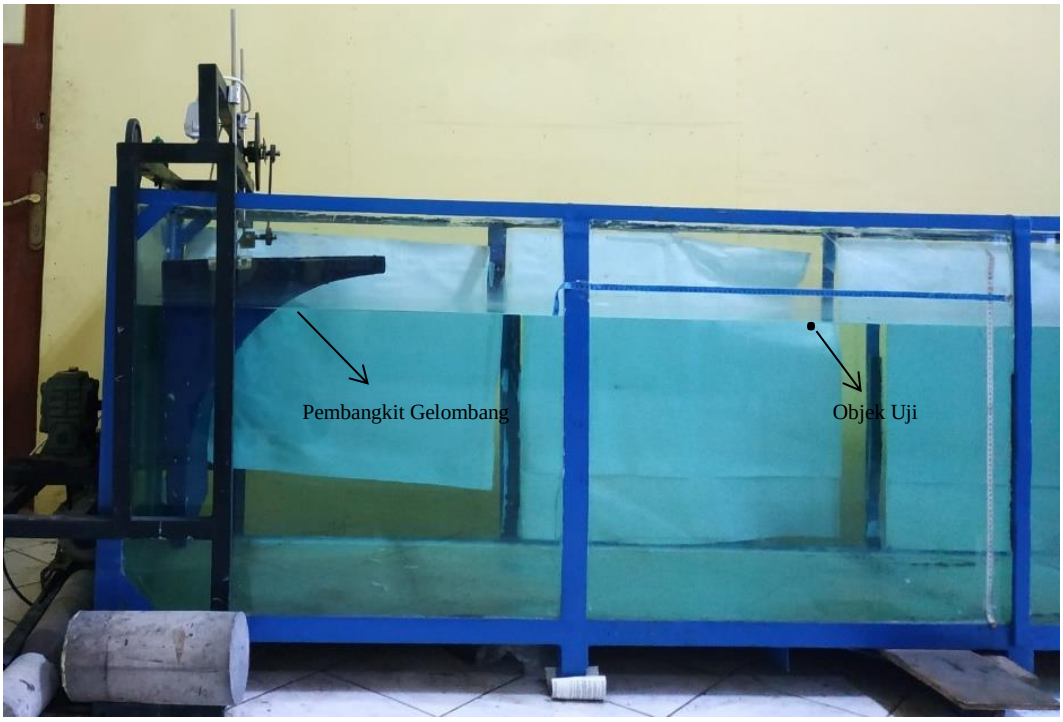
Eksperimen dilakukan dengan mengamati gelombang ombak yang dihasilkan oleh penggerak ombak yang memiliki beberapa ketentuan variasi kecepatan penggerak terhadap media objek uji air. Pada penelitian ini, memiliki beberapa parameter yang dibutuhkan. Pertama, gelombang memiliki tinggi, panjang, dan periode sesuai eksperimen. Kedua, analisis data berdasarkan pergerakan objek uji. Hasil yang didapatkan dari eksperimen dibandingkan dengan hasil proses analitik matlab yaitu

dengan membandingkan grafik yang didapat. Dalam pelaksanaan eksperimen dilakukan proses tahap-tahap dalam pengolahan data. Eksperimen dimulai dengan pembuatan objek uji sebagai objek, penyetelan kecepatan penggerak pada alat media ombak, hingga pengambilan data. Adapun proses tahapan eksperimen secara lebih rinci adalah sebagai berikut:

a) Menyiapkan alat uji dan objek uji penelitian. Adapun alat uji yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 10.

Gambar 10. Alat Uji Pengombak

Gambaran proses pengujian ditunjukkan pada Gambar 11. Ombak yang mengalir searah dengan benda uji dan objek mengapung di permukaan air. Objek pengamatan yang digunakan berupa pelampung, yang dapat membuat lintasan partikel pada permukaan air saat dilakukan pengujian. Prediksi lintasan partikel dapat membentuk lingkaran atau *elips* dimana objek pengamatan bergerak bebas membentuk partikel air pada permukaan air. Pengujian ini dilakukan dengan variasi kecepatan putar motor, yaitu n_1 = 100 rpm, n_2 = 102,5 rpm, dan n_3 = 105 rpm.



Gambar 11. Pengujian penelitian

b) Menyiapkan dimmer sebagai variasi kecepatan penggerak media ombak. Adapun alat yang mengatur kecepatan penggerak berupa dimmer yang ditunjukkan pada Gambar 12.

Gambar 12. Dimmer

Gambar 12 merupakan dimmer yang digunakan untuk menentukan variasi kecepatan gerak dari motor. Pada dimmer ini terdapat skala kecepatan 1 hingga

10. Pada pengujian ini dilakukan dengan skala kecepatan 6, 8, dan 10. Skala 6 menghasilkan kecepatan 100 rpm, skala 8 menghasilkan kecepatan 102,5 rpm, dan skala 10 menghasilkan kecepatan 105 rpm.

c) Hasil pengujian berupa tinggi gelombang, panjang gelombang, dan periode.

d) Menyiapkan objek uji penelitian berupa pelampung.

e) Menghidupkan penggerak media ombak dengan variasi kecepatan putar motor n_1, n_2, dan n_3 terhadap penggerak ombak dan melakukan pengambilan video. Pengambilan data dengan memasukkan parameter pada aplikasi *tracker* dan matlab. Adapun proses pengambilan data dengan *tracker* secara rinci adalah sebagai berikut:

1. Karakter gelombang variasi kecepatan putar motor

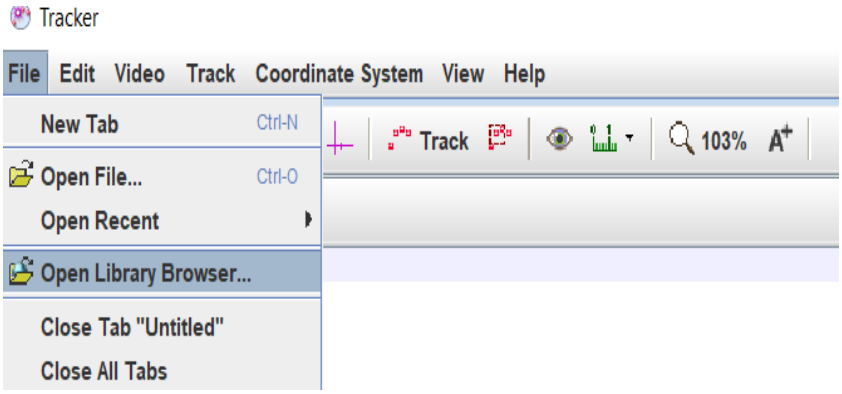
   Karakterisasi gelombang ombak pada permukaan air pada alat uji, dimana objek uji mengapung di permukaan air yang dapat mengikuti bentuk ombak. Dihasilkan ombak dengan variasi kecepatan putar motor yaitu n_1, n_2, dan n_3. analisis perpindahan media objek uji ombak dengan aplikasi *tracker* secara eksperimen. Setelah diperoleh data dari aplikasi *tracker*, kemudian dilakukan pendekatan yang menggunakan aplikasi matlab terhadap penggolongan karakterisasi ombak yang mendekati teori gelombang ombak Airy atau Stokes. Adapun parameter yang diperlukan adalah tinggi gelombang (H), panjang gelombang (L), dan periode gelombang.

2. Pergerakan Objek uji

   Mengikat objek uji dengan tali yang diikat pada sisi kiri dan kanan pada kolam yang membuat objek uji bisa bergerak pada tempatnya. Selanjutnya mengamati pergerakan objek uji dengan menghidupkan alat penggerak ombak dan terbentuklah lintasan partikel pada permukaan air. Perpindahan objek uji akibat gelombang direkam, kemudian dilakukan pembacaan data dengan aplikasi video *tracker*.

3. Memasukkan data dimulai dengan membuka file project pada aplikasi *tracker*. Kemudian memilih di dalam folder mana file video tersimpan. Proses ini dilakukan dengan membuka *file > open library browser.* Dalam memasukkan file video dapat dilakukan berapa *frame* yang akan diambil saat pengamatan perpindahan suatu objek benda dengan cara melakukan

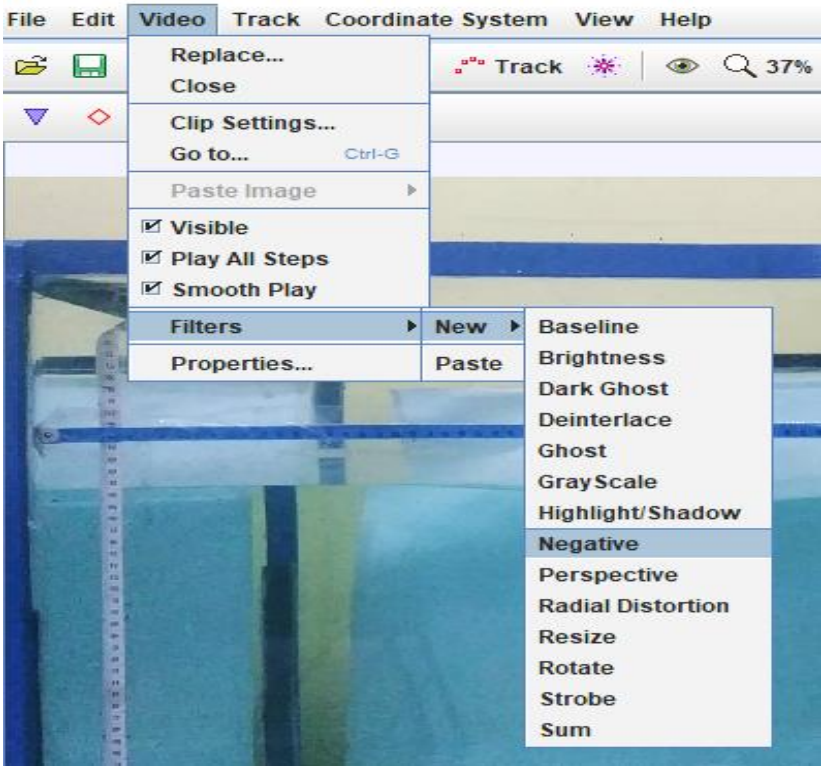
pengaturan *frame* pada saat memasukkan *file* video. Gambar 13 merupakan langkah awal memasukkan data.



Gambar 13. Langkah memasukkan data

4. Pengaturan *gradient* warna

   Pengaturan *gradient* warna dalam video *tracker* dilakukan dengan cara klik kanan kursor dan memilih *filter>negative.* Pengaturan *gradient* warna sebaiknya dilakukan dengan membalik saturasi warna-warna. Hal ini dilakukan agar saat proses pembacaan data lebih akurat. Gambar 14 berikut merupakan proses pengaturan *gradient* warna.



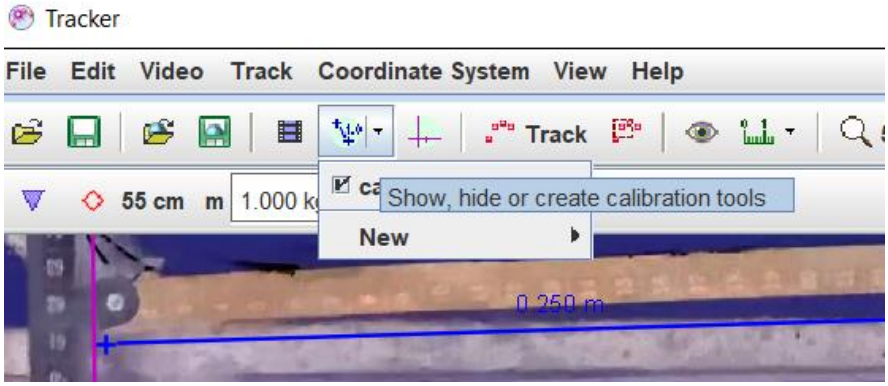
Gambar 14. Pengaturan *gradient* warna

5. Pemberian titik kordinat

   Pemberian titik koordinat dilakukan dengan menu *stick>coordinate*, hal ini berfungsi untuk menentukan peletakan arah sumbu x dan y dalam pembacaan perpindahan.

6. Kalibrasi *stick*

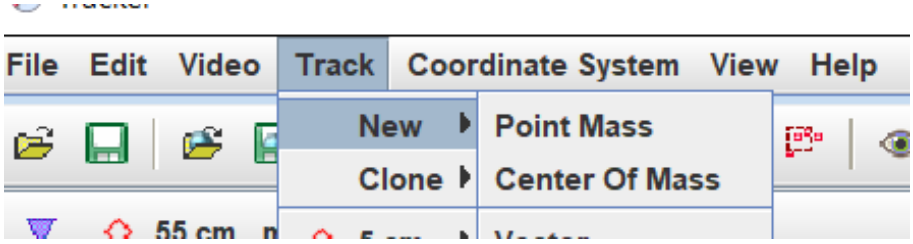
   Kalibrasi stick digunakan untuk mengetahui acuan skala pergerakan terhadap sumbu x. proses ini dilakukan dengan mengklik *calibration tools* > *mengubah nama tools* > memberikan ukuran sesuai skala. Gambar 15 merupakan proses kalibrasi *stick.*



Gambar 15. Kalibrasi *stick*

7. *Point mass*

   Point mass merupakan penentuan koordinat objek yang akan diamati dilakukan dengan menggunakan menu *track* > *new* > *point mass.* Proses pembacaan data dilakukan berulang kali sesuai dengan kecepatan putar motor yang berbeda. Gambar 16 berikut merupakan proses pembuatan *point mass.*

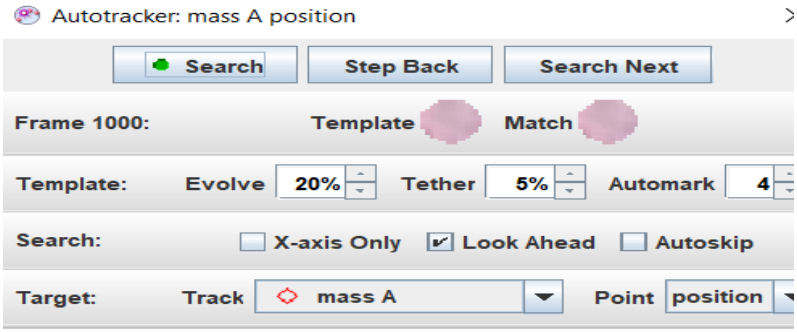


Gambar 16. *Point Mass*

8. *Auto Tracking*

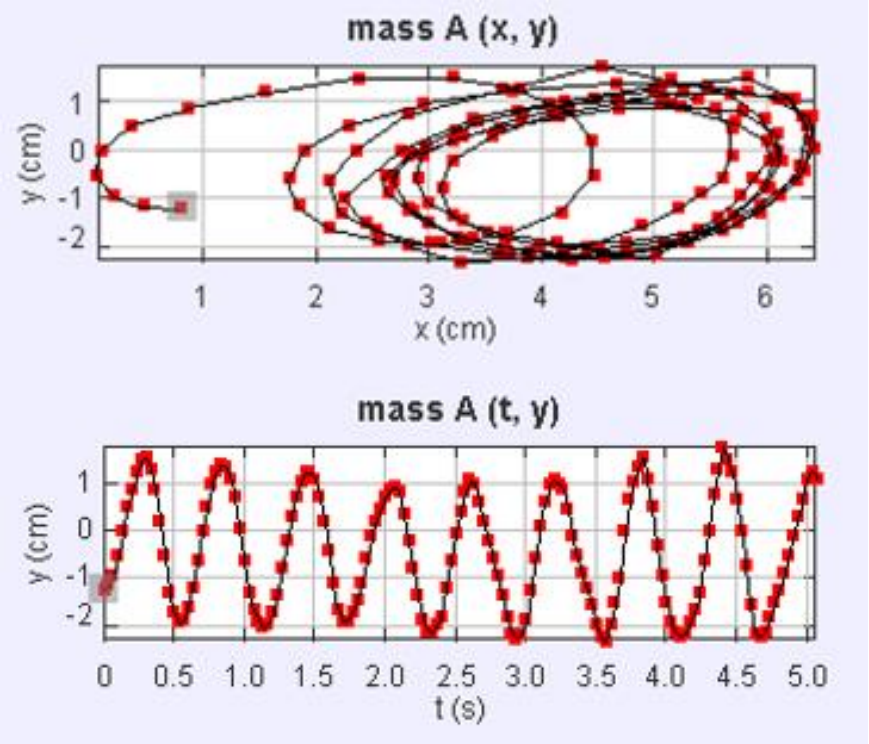
   Auto tracking merupakan pembacaan data dilakukan secara otomatis dengan cara menentukan titik tengah *point mass* dengan menekan *ctrl + shift > search*

next secara bersamaan maka *auto tracking* siap dilakukan. Gambar 17 menunjukkan proses *auto tracking.*



Gambar 17. Auto Tracking

Proses pembacaan data dikatakan berhasil apabila mendapatkan output grafik dan nilai pergerakan perpindahan objek seperti pada Gambar 18.



Gambar 18. Hasil pengolahan data

3.3.2 Analitik

Analitik dilakukan sebagai validasi guna pencocokan hasil eksperimen. Dengan menggunakan MATLAB didapatkan hasil perhitungan analitik pendekatan pada

teori gelombang ombak. Diharapkan *output* berupa grafik perbandingan pendekatan karakterisasi masing-masing percobaan variasi kecepatan penggerak media ombak. Adapun parameter yang diinput dalam program MATLAB adalah rumus Airy dan Stokes. Rumus Airy dituliskan dengan persamaan (1) sedangkan rumus Stokes dengan persamaan (2). Kedua persamaan teoritik gelombang ombak diinputkan ke dalam program MATLAB dengan hasil *output* grafik perhitungan pendekatan teoritis dengan masing-masing variasi parameter.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian bentuk gelombang secara eksperimen dan analitik dapat disimpulkan sebagai berikut:

Berdasarkan teori gelombang ombak, pengujian eksperimen dan analitik dilakukan dengan variasi kecepatan putar n_1 sebesar 100 rpm, n_2 sebesar 102,5 rpm, dan n_3 sebesar 105 rpm yang menghasilkan teori berbeda. Pada variasi kecepatan n_1 perpindahan lintasan partikel terjauh menyinggung teori Airy, kecepatan n_2 perpindahan lintasan partikel terjauh berada diantara teori Airy dan Stokes, kecepatan n_3 perpindahan lintasan partikel terjauh menyinggung teori Stokes. Sehingga pada kecepatan n_1 mendekati teori Airy, pada kecepatan n_2 mendekati teori Stokes, pada kecepatan n_3 mendekati teori Stokes. Kecepatan putar mempengaruhi karakteristik gelombang yang dihasilkan. Semakin besar kecepatan putar maka tinggi gelombang semakin besar dan panjang gelombang semakin pendek.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Disarankan agar memodifikasi alat pengombak agar ombak lebih stabil. Bentuk alat pengombak yang masih kurang maksimal untuk membentuk

ombak pada kecepatan putar tinggi, sehingga ombak yang dihasilkan relatif acak pada kecepatan motor yang tinggi.

2. Disarankan untuk menggunakan dimmer yang memiliki prinsip kerja berdasarkan frekuensi listrik agar torsi dari motor listrik ac tidak menurun. Karena dimmer yang digunakan saat ini menggunakan prinsip kerja dengan mengatur tegangan listrik, sehingga tegangan kerja optimum motor ac tidak tercapai dan menyebabkan torsinya menurun.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, M. F., Faizal, M., Prasad, K., Cho, Y. J., Kim, C. G., Lee, Y. H. (2010). Exploiting the orbital motion of water particles for energy extraction from waves. Jurnal Of Mechanical Science and Technology, 24(4), 943-949.

Akmal, J., Magnolia, A. N., Suudi, A., Tanti, N., & Lubis, A. (2023). Identifikasi Kinematika Partikel Air Dan Karakteristik Gelombang Ombak Dengan Metode Video Tracker. Jurnal Teknik Mesin Indonesia, 18(1), 24-28.

Bryan, J. (2004). Video analysis software and the investigation of the conservation of mechanical energy. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 4(3), 284-298.

Efendi, A. N., Geonova, M. F., Widodo, P., Saragih, H. J. R., Suwarno, P., & Mamahit, D. A. (2023). Karakteristik Gelombang Laut Indoneisa Untuk Mendukung Kegiatan Laut dan Keamanan Maritim. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, *7*(2), 346-357.

Ghantous, M dan Babani, A. V. (2014). Ocean Mixing by Wave Orbital Motion. Acta Physica Slovaca, 64(1), 1-56.

Herlan dan Prabowo, B. A. (2009). Rangkaian Dimmer Pengatur Iluminasi Lampu Pijar Berbasis Internally Triggered TRIAC. Jurnal INKOM, 3(1-2), 14-21.

Hindasageri, V., Ramesh, H., Gaurav, A. (2012). Effect of Variation of Wave Height and Ocean depth on the Performance of Savonius Rotors

Utilizing the Orbital Motion of Ocean Waves in Shallow Waters. Journal of Sutainable Energy & Environment, 3, 53-57.

Hutahaean, S. (2011). Catatan Teknik (Technical Notes) Deformasi Gelombang Air Sinusoidal Menjadi Gelombang Cnoidal. Jurnal Teknik Sipil, 18(2), 183-192.

Hutahean, S., Tuah, H., Merati, W., & Wiryanto, L. (2005). Beberapa Permasalahan pada Teori Gelombang Linier. Jurnal Teknik Sipil, 12(1), 13-20.

Indiarto, I., Ramadhan, R. A., Puewono, N. A., & Rustendi, I. (2020). Analisa Transformasi Gelombang Pada Breakwater Di PLTU Karangkandri Cilacap. *Teodolita: Media Komunkasi Ilmiah di Bidang Teknik*, *21*(2).

Joseph, C., Telussa, M. F., & Karelau, C. (2023). Analisa Perubahan Garis Pantai Dan Alternatif Penanganannya Di Pantai Batu Kora Kabupaten Kepulauan Aru. Manumata: Jurnal Ilmu Teknik, 9(1), 1-10.

Kennedy, A. (2019). Fundamentals of water waves. *Encyclopedia of Water: Science, Technology, and Society*, 1-7.

Kusmanto, E., dan Hasanudin, M. (2019). Kehadiran Gelombang Soliter dan Transpor Sesaat Sedimen tersuspensi di Perairan Pantai Bengkulu Tengah. OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia), 4(3), 133-143.

Le Méhauté, B. (1976). An Introduction to Hydrodynamics and Water Waves (Springer Study Edition). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Luo, M., Reeve, D. E., Shao, S., Karunarathna, H., Lin, P., & Cai, H. (2019). Consistent Particle Method simulation of solitary wave impinging on and overtopping a seawall. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, *103*, 160-171.

Mulyabakti, C., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2016). Analisis Karakteristik Gelombang Dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan

Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, *4*(9), 585-594.

Pattiapon, D. R., Rikumahu, J. J., & Jamlaay, M. (2019). Penggunaan Motor Sinkron Tiga Phasa Tipe Salient Pole Sebagai Generator Sinkron. Jurnal simetrik, 9(2), 197-207.

Saprianto, S., Atmam, A., & Yuvendius, H. (2022). Analisis Arus Start Dan Torka Motor DC Shunt Saat Berbeban. *JURNAL TEKNIK*, *16*(1), 103-108.

Sarpkaya, T. (2010). Wave forces on offshore structures. Cambridge university press.

Trip, T.R. (2010). The Influence of Video Analysis on Teaching. A dissertation submitted to the faculty of Brigham Young University.

Sundar, V. (2016). Ocean Wave Mechanics: Applications in Marine Structures. John Wiley & Sons Ltd.

Vionita, Sari. V. F., Ekawita, R., dan Yuliza, E. (2022). Rancang Bangun Simulator Gelombang Laut Skala Laboratorium Berbasis Motor DC. Jurnal Sains Dan Teknologi, 5(2), 61-67.

Wee, L.K., dan Lee, T.L. (2011). Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education: A workshop for Redesigning Pedagogy. Workshop at the 4th