RANCANG BANGUN WAVE MAKER TIPE FLAP UNTUK FLUME TANK SKALA LABORATORIUM BERBASIS ESP32

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan

Jurusan Teknik Kelautan

Oleh:

Romulus Petrus

Nim. D1111221024



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2026

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Romulus Petrus

Nim : D1111221024

Menyatakan bahwa dalam SKRIPSI yang berjudul "RANCANG BANGUN WAVE MAKER TIPE FLAP UNTUK FLUME TANK SKALA LABORATORIUM BERBASIS ESP32" 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 Rujukan.

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, 29 Juli 2026

Romulus Petrus
D1111221024

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN *WAVE MAKER* TIPE FLAP UNTUK *FLUME TANK* SKALA LABORATORIUM BERBASIS ESP32

Jurusan Teknik Kelautan
Program Studi Sarjana Teknik Kelautan

Oleh:

Romulus Petrus
NIM D1111221024

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 24 Juli 2026
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi

Dosen Pembimbing Utama	: Dr. Eng. Ir. M.Meddy Danial, S.T., M.T., IPM. NIP. 1971105012000121001
Dosen Pembimbing Kedua	: Ir. Arfena Deah Lestari, S.T., M.Eng. NIP. 199005082015042003
Dosen Penguji Utama	: Ir. Jasisca Meirany, S.T., M.Si. NIPPPK. 198205142025212022
Dosen Penguji Kedua	: Asep Supriyadi, S.T., M.T NIP. 197503011999031002

Pontianak, 24 Juli 2026
Pembimbing Utama

Dekan,

Dr. Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Dr. Eng. Ir. M.Meddy Danial, S.T., M.T., IPM
NIP. 1971105012000121001

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk rancang bangun pembangkit gelombang (wave maker) tipe flap yang digerakkan oleh dinamo motor DC 25GA370, serta mengintegrasikannya dengan sistem akuisisi data otomatis menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor ultrasonik JSN-SR04T. Pengujian eksperimental dilakukan di dalam *flume tank* berdimensi 6,30 m x 0,30 m x 0,45 m pada dua variasi tinggi muka air, yaitu 20 cm dan 18 cm. Wave maker dioperasikan pada langkah ayunan (stroke) konstan sebesar 0,035 m dengan tiga tingkat kecepatan putaran motor (lambat, sedang, cepat) yang diatur melalui modul *Pulse Width Modulation* (PWM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengambilan data otomatis berhasil mengukur tinggi *(H)* dan periode gelombang *(T)* secara real-time dengan tingkat presisi yang baik. Secara hidrodinamika, alat ini mampu menghasilkan gelombang dengan tinggi maksimum 0,038 m dan beroperasi pada zona perairan transisi dengan angka kedalaman relatif (kh) antara 0,921 hingga 2,090. Evaluasi performa rasio tinggi gelombang terhadap stroke (H/S) menunjukkan kesesuaian yang sangat baik terhadap teori fungsi transfer Biesel. Tingkat kesalahan (error) keseluruhan antara data eksperimen dan teori sangat minim, yakni tidak melebihi 1,01% untuk seluruh variasi kecepatan pada tinggi muka air 20 cm dan 18 cm. Secara keseluruhan, sistem rancang bangun ini terbukti efektif dan layak digunakan untuk simulasi serta pengukuran gelombang skala laboratorium.

Kata Kunci: Wave maker tipe flap, Mikrokontroler ESP32, Sensor Ultrasonik JSN-SR04T, Flume tank.

ABSTRACT

This research aims to design and construct a flap-type wave maker driven by a 25GA370 DC motor, and to integrate it with an automated data acquisition system using an ESP32 microcontroller and a JSN-SR04T ultrasonic sensor. Experimental testing was conducted in a flume tank with dimensions of 6.30 m x 0.30 m x 0.45 m at two water level variations: 20 cm and 18 cm. The wave maker was operated at a constant stroke of 0.035 m with three motor rotation speeds (slow, medium, and fast) regulated via a Pulse Width Modulation (PWM) module. The results indicate that the automated data acquisition system successfully measured wave height (H) and wave period (T) in real-time with high precision. Hydrodynamically, the device is capable of generating waves with a maximum height of 0.038 m, operating in the transitional water zone with a relative depth number (kh) ranging from 0.921 to 2.090. Performance evaluation of the wave height to stroke ratio (H/S) demonstrated excellent agreement with Biesel's transfer function theory. The overall error rate between the experimental and theoretical data is highly minimal, not exceeding 1.01% across all speed variations for both 20 cm and 18 cm water levels. Overall, this designed system has proven to be effective and suitable for laboratory-scale wave simulation and measurement.

Keywords*: Flap-type wave maker, ESP32 Microcontroller, JSN-SR04T Ultrasonic Sensor, Flume tank.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-nya peneliti dapat menyelesaikan laporan penelitian Tugas Akhir ini yang berjudul "Rancang Bangun Wave Maker Tipe Flap Untuk Flume Tank Skala Laboratorium Berbasis Esp32", sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Jurusan Teknik Kelautan Universitas Tanjungpura.

Oleh karena itu, dengan segala ketulusan hati penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Eng. M. Meddy Danial, ST, MT, IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan Universitas Tanjungpura dan selaku dosen pembimbing I atas segala arahan, saran dan bimbingan yang di berikan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat di selesaikan dengan baik
2. Ibu Ir. Arfena Deah Lestari, ST, M.Eng selaku ketua Prodi Jurusan Teknik Kelautan Universitas Tanjungpura dan selaku dosen pembimbing II, atas segala arahan dan bimbingan serta saran yang di berikan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat di selesaikan dengan baik.
3. Ibu Ir. Jasisca Meirany, S.T., M.Si selaku Kepala Laboratorium Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura dan selaku dosen penguji I dari Tugas Akhir ini.
4. Bapak Asep Supriyadi, S.T., M.T selaku Dosen Pengajar di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura selaku dosen penguji II dari Tugas Akhir ini.
5. Kedua Orang tua saya, keluarga, dan saudara yang senantiasa selalu memberikan doa dan dukungan baik berupa nasehat ataupun materi.
6. Rekan mahasiswa/i Teknik Kelautan yang telah membantu dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini.

Pontianak, 29 Juli 2026

penulis

Romulus Petrus

NIM.D1111221024

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ..... **i**

ABSTRAK ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

KATA PENGANTAR ..... **`iv**

DAFTAR ISI ..... **vi**

DAFTAR GAMBAR ..... **ix**

DAFTAR TABEL ..... **xi**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 2

1.4 Manfaat Penelitian 2

1.5 Batasan Penelitian 3

1.6 Sistematika Penulisan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**

2.1 Parameter Dasar Gelombang 5

2.2 Teori Wave Maker Tipe Flap 6

2.2.1 Perkembangan Teknologi IoT dan ESP32 9

2.2.2 Sensor Ultrasonik JSN-SR04T 9

2.3 Penelitian Terdahulu 10

BAB III METODOLOGI PENELITIAN **12**

3.1 Jenis Penelitian 12

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 12

3.3 Diagram Alir 13

3.4 Jenis Data 14

3.4.1 Metode Pengumpulan Data 14
3.5 Metode Analisa 15
3.5.1 Analisa Wave Maker Dan Gelombang 15
3.5.2 Kalibrasi Sensor Ultrasonik JSN-SR04T 16
3.5.3 Kalibrasi Dinamo Motor DC 25GA370 17
3.6 Detail Alat 18
3.7 Rangkaian Alat 21
3.8 Wiring Diagram dan Schematic Sensor JSN-SR04T 22
3.9 Variabel Penelitian 24
3.10 Alat dan Bahan 25
3.10.1 Perangkat Keras *(Hardware)* 25
3.10.2 Perangkat Lunak *(Software)* 29
3.11 Langkah Pengujian 29
3.11.1 Tahapan Persiapan 29
3.12 Petunjuk Operasional Pelaksanaan 30
3.13 Tahap Pengolahan Data 31
3.14 Analisa Performa Wavemaker 32
3.14.1 Tahap Validasi Data 32
3.15 Waktu Pelaksanaan 33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1 Perancangan *Wave Maker* Tipe *Flap* dan sensor Ultrasonik Jsn-Sr04t 36
4.1.1 Realiasi Perancangan Wavemaker dan Sensor JSN JSN-SR04T 37
4.1.2 Instalasi *Wave Maker* Tipe *Flap* dan sensor Ultrasonik Jsn-Sr04t 38
4.2 Pengujian Wave Maker 38
4.3 Hasil Pengujian Wave Maker Tipe Flap 39
4.3.1 Perhitungan Bilangan Gelombang dan Panjang Gelombang $h: 20cm$. 40

4.3.2 Perhitungan Bilangan Gelombang, Kedalaman Relatif dan Panjang Gelombang h: 18 cm 45
4.3.3 Perhitungan Rasio Tinggi Gelombang Terhadap Langkah (Stroke) $H/S\ teori$ (h 20 cm)..... 50
4.3.4 Perhitungan Rasio Tinggi Gelombang Terhadap Langkah (Stroke) $H/S\ teori$ (h 18 cm)..... 51
4.3.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian..... 52
4.3.6 Hubungan Kedalaman Relatif terhadap Rasio H/S..... 54
4.4 Pembahasan..... 55
4.4.1 Kinerja Penggerak Mekanis dan Sistem Pengambilan Data Gelombang 55
4.4.2 Fungsi Transfer Gelombang Pada Kedalaman 20 cm 55
4.4.3 Fungsi Transfer Gelombang Pada Kedalaman 18 cm 56
4.4.4 Klasifikasi Jenis Perairan..... 57
BAB V PENUTUP.....59
5.1 KESIMPULAN 59
5.2 SARAN..... 60
DAFTAR PUSTAKA.....61
LAMPIRAN.....64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Wave Maker Tipe Flap 6
Gambar 2. 2 Kurva Fungsi Transfer Pembangkit Gelombang 8
Gambar 2. 3 Kedalaman relative dan asimtot terhadap fungsi hiperbolik 8
Gambar 3. 1 Laboratorium Hidrodinamika Teknik Kelautan Universitas Tanjungpura 12
Gambar 3. 2 Posisi komponen alat 14
Gambar 3. 3 Prinsip Kerja sensor JSN-SR04T 17
Gambar 3. 4 Prinsip kerja DC motor 17
Gambar 3. 5 Detail CORE-PROPEL 18
Gambar 3. 6 Detail Flume Tank 19
Gambar 3. 7 Detail Modul Sensor 20
Gambar 3. 8 Tampak samping flume tank 21
Gambar 3. 9 Tampak atas flume tank 21
Gambar 3. 10 Detail wave maker 22
Gambar 3. 11 Wiring Diagram 23
Gambar 3. 12 Gambar Schematic 24
Gambar 3. 13 Flume Tank 26
Gambar 3. 14 Mikrokontroler ESP32 26
Gambar 3. 15 Dinamo motor 25GA370 26
Gambar 3. 16 PWM Dc motor 27
Gambar 3. 17 Sensor Ultrasonik JSN-SR04T 27
Gambar 3. 18 Dop tempelelan pipa 27
Gambar 3. 19 Kayu 28
Gambar 3. 20 Pipa Pvc 28
Gambar 3. 21 Modul SD Card 28
Gambar 3. 22 SD card reader 29
Gambar 3. 23 Arduino IDE 2.0 29
Gambar 3. 24 Microsoft Excel 2021 29
Gambar 4. 1 Putaran Kecepatan Pulse Width Modulation (PWM) 36
Gambar 4. 2 Perancangan Wavemaker dan sistem ESP-32 37
Gambar 4. 3 Instalasi sensor ultrasonik Jsn-Sr04t dan wave maker tipe flap 38

Gambar 4. 4 Diagram H/S Versus kh Eksperimen..... 54
Gambar 4. 5 Diagram H/S Versus kh Teori 54
Gambar 4. 6 Tinggi dan Lembah Gelombang Kecepatan Sedang h 18 cm..... 57

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor Ultrasonik JSN-SR04T 10
Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu..... 10
Tabel 3. 1 Koneksi Pin Komponen Alat..... 23
Tabel 3. 2 Waktu Pelaksanaan Penelitian..... 34
Tabel 4. 1 Variasi Kecepatan Dinamo..... 36
Tabel 4. 2 Tinggi gelombang dan Periode gelombang h (20cm)..... 39
Tabel 4. 3 Tinggi gelombang dan Periode gelombang h (18cm)..... 39
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Parameter Gelombang h (20 cm) 40
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Bilangan gelombang, kedalaman relatif dan Panjang gelombang (h 18cm)..... 45
Tabel 4. 6 Parameter Rasio Tinggi Gelombang Terhadap Langkah (Stroke) 50
Tabel 4. 7 Hasil perhitungan rasio tinggi gelombang terhadap langkah (h 20cm)51
Tabel 4. 8 Parameter Rasio Tinggi Gelombang Terhadap Langkah 51
Tabel 4. 9 Hasil perhitungan rasio tinggi gelombang terhadap langkah (h 18cm)52
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Parameter wave maker tipe flap 53

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gelombang yang paling umum dikaji dalam bidang teknik kelautan adalah gelombang yang dihasilkan oleh angin dan pasang surut. Gelombang angin mentransfer energinya melalui partikel air sesuai dengan arah hembusan angin. Mekanisme transfer energi ini terdiri dari dua bentuk. Pertama akibat variasi tekanan angin pada permukaan air yang diikuti oleh pergerakan gelombang dan yang kedua, transfer momentum serta energi dari gelombang frekuensi tinggi ke gelombang frekuensi rendah yaitu gelombang dengan periode lebih panjang dan panjang gelombang lebih besar [1].

Potensi ekstraksi energi dari gelombang laut sangatlah besar, menjadikannya sumber daya alam yang belum tergarap secara maksimal [2]. Pergerakan naik-turun ombak laut dapat diubah menjadi tenaga listrik melalui perangkat yang disebut *wave energy convert*er (WEC) [3]. Bentuk gelombang yang biasa dilihat dalam kehidupan sehari-hari adalah gelombang mekanik [4].

Penelitian tentang karakteristik gelombang dan interaksi gelombang terhadap struktur merupakan aspek fundamental dalam pengembangan teknologi di bidang teknik kelautan. Pengujian hidrodinamika dalam skala laboratorium menjadi metode yang penting untuk memahami fenomena kompleks yang terjadi di laut sebelum implementasi pada skala sebenarnya [5]. *Wave flume* atau tangki gelombang menyediakan lingkungan yang terkontrol dan dapat diakses dengan mudah untuk mengevaluasi performa dan mempelajari karakteristik gelombang air laut dengan biaya yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan pengujian di laut.

Dalam pengujian hidrodinamika model skala laboratorium ini, sensitifitas alat mempengaruhi akurasi pengukuran parameter gelombang seperti tinggi gelombang, periode gelombang, dan gaya dampak yang menjadi faktor utama untuk memperoleh data dalam penelitian ini. Metode pengukuran konvensional menggunakan *wave gauge resistif* atau kapasitif telah lama digunakan, namun memiliki keterbatasan dalam hal biaya, kompleksitas instalasi, dan kemampuan pengukuran multi-parameter secara simultan [6].

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) dan mikrocontroller

khususnya ESP32 telah membuka peluang baru dalam pengembangan sistem rancangan yang lebih terjangkau, fleksibel, dan memiliki kemampuan pemrosesan yang handal [7]. ESP32 merupakan *mikrocontroller* yang dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, memiliki frekuensi operasi hingga 240 MHz, serta dilengkapi dengan ADC *(Analog to Digital Converter)* yang dapat dioptimalkan untuk akuisisi data berkecepatan tinggi [8].

Penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem pembangkit gelombang yang terintegrasi menggunakan ESP32, sensor ultrasonik untuk karakteristik gelombang seperti tinggi gelombang (H) dan Periode gelombang (T), dan dinamo 25GA370 sebagai pembuat gelombang sederhana untuk pengujian hidrodinamika di laboratorium.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem pembangkit gelombang tipe flap?
2. Bagaimana merancang sistem pengukuran data untuk mengukur karakteristik gelombang (Tinggi gelombang H, periode T, gelombang pada *wave maker*).
3. Bagaimana akurasi sistem yang dibuat untuk mendapatkan parameter karakteristik gelombang (periode dan panjang gelombang) di dalam *flume tank*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun purwarupa pembuat gelombang (*wave maker*) tipe *flap* skala laboratorium yang menggunakan dinamo DC 25GA370
2. Merancang dan mengimplementasikan sistem rancangan untuk mengukur karakteristik gelombang, sperti Tinggi Gelombang *(H)* dan Periode Gelombang *(T)* secara otomatis berbasis ESP32 dengan penyimpanan data lokal menggunakan modul SD Card.
3. Menganalisa performa *wavemaker* tipe *flap* pada flumetank ukuran $6.30\,m \times 0.30\,m\ 0.45\,m$.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang berjudul “Perancangan Wave Maker Tipe Plap Untuk Flume

Tank Skala Laboratorium Berbasis Esp32”

diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis/Teoritis:

   Memberikan kontribusi berupa alternatif yang low-cost untuk eksperimen pengambilan data gelombang secara akurat dilaboratorium.

2. Manfaat Praktis:

   Menghasilkan sebuah purwarupa alat yang siap pakai untuk praktikum mahasiswa, demonstrasi, atau penelitian lanjutan di laboratorium.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan-batasan yang penting untuk dipahami dalam menginterpretasi hasil dan generalisasi temuan sebagai berikut

Skala Model Laboratorium (Skala Kecil)

1. Flumetank pada penelitian ini tidak dibangun dari awal, hanya berfokus pada komponen penggerak wave maker saja.
2. Penelitian dilakukan pada flume tank laboratorium dengan dimensi terbatas (6.30 m × 0.30 m × 0.45 m) dengan peredam gelombang diujung flumetank
3. Kedalaman air pada 18-20 cm
4. Panjang wave maker hanya menghasilkan gelombang hingga jarak 5 meter
5. Hasil penelitian mungkin tidak sepenuhnya representatif untuk kondisi lapangan (fullscale) di laut
6. Dimensi plat: 0.27 m × 0.30 m
7. Material flap: Akrilik transparan 0.4 cm

Batasan Kondisi Gelombang

a. Gelombang Reguler *(Monochromatic Waves)*
    1. Penelitian hanya menggunakan gelombang reguler dengan periode dan amplitudo konstan
    2. Tidak mencakup kondisi gelombang sebenarnya di laut yang irregular dan spektrum frekuensi luas
    3. Sistem flume statis tanpa adanya arus air atau angin.
b. Rentang Kecepatan Wave Maker Terbatas
    1. Hanya 3 variasi kecepatan

2. Jangkauan gelombang terbatas pada periode dan amplitudo tertentu

Batasan Sensor dan Instrumen

a. Akurasi Sensor Ultrasonik
    1. Akurasi Sensor Ultrasonik JSN-SR04T: ±0,3 cm
b. Sampling Rate Terbatas
    1. Sampling rate ESP32 untuk sensor ultrasonik: 50 Hz (satu pengukuran setiap 20 ms)
c. Pengambilan Data Menggunakan ESP32
    1. Pengambilan data dan monitoring gelombang sepenuhnya menggunakan micro sd card dan tidak dilakukan secara online menggunakan blynk iot

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada proposal penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka membahas kajian teoritis mengenai teori gelombang, karakteristik gelombang, klasifikasi gaya gelombang dan sitem pengambilan data berbasis mikrokontroler.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas metode penelitian, lokasi dan jenis penelitian, sumber dan jenis data, teknik pengumpulan serta analisis data, diagram alir, dan jadwal penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis dan pembahasan penelitian di wilayah yang diteliti.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan dari hasil penelitian dan saran