

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAUAN
TINGGI GELOMBANG AIR PADA MODEL TSUNAMI
MENGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK HC-SR04
BERBANTUAN ARDUINO**

TESIS

**Diajukan kepada Magister Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan di Yogyakarta
untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh
Gelar Magister Pendidikan**



Oleh

Hasbullah

NIM: 2008041018

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
YOGYAKARTA
2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS

PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAUAN TINGGI GELOMBANG AIR PADA MODEL TSUNAMI MENGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 BERBANTUAN ARDUINO

Diajukan oleh :

Nama : Hasbullah

NIM : 2008041018



telah disetujui untuk dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
Program Studi Magister Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
Pada tanggal 22 Mei 2024

Dosen Pembimbing I,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Yudhiakto Pramudya'.

Yudhiakto Pramudya, Ph.D
NIPM. 198010062013051111155929

Dosen Pembimbing II,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Dr. Moh. Irma Sukarelawan'.

Dr. Moh. Irma Sukarelawan, S.Pd.Si., M.Pd
NIPM. 198407272019081111334908

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAUAN TINGGI GELOMBANG AIR PADA MODEL TSUNAMI MENGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 BERBANTUAN ARDUINO

yang dipersiapkan dan disusun oleh

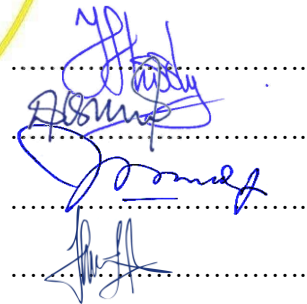
Nama : Hasbullah

NIM : 2008041018

telah dipertahankan di depan
Panitia Ujian Tesis Program Studi Magister Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
pada tanggal 24 Mei 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh
gelar Magister Pendidikan

SUSUNAN PANITIA UJIAN TESIS

Ketua : Yudhiakto Pramudya, Ph.D
Penguji I : Prof. Dr. Dwi Sulisworo, MT
Penguji II : Dr. Moh. Toifur, M.Si
Penguji III : Dr. Moh. Irma Sukarelawan, S.Pd.Si., M.Pd



Yogyakarta, 24 Mei 2024
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan
Dekan



Muhammad Sayuti, S.Pd., M.Pd., M.Ed., Ph.D.
NIPM. 19710317 200803 111 0763796

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Bismillahirrahmanirrahim

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hasbullah
NIM : 2008041018
Program Studi : Magister Pendidikan Fisika
Fakultas : FKIP
Perguruan Tinggi : Universitas Ahmad Dahlan

menyatakan bahwa karya ilmiah berjudul **Pengembangan Sistem Pemantauan Tinggi Gelombang Air Pada Model Tsunami Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 Berbantuan Arduino**. ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan, sepanjang pengetahuan saya, tidak berisi materi yang ditulis oleh orang lain sebagai persyaratan penyelesaian studi di perguruan tinggi ini atau perguruan tinggi lain kecuali bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan dengan mengikuti tata cara dan etika penulisan karya ilmiah yang lazim.

Apabila ternyata terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, hal tersebut sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 27 Mei 2024
Penulis


Hasbullah

PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Nama : Hasbullah
NIM : 2008041018
email : bullahtrk@gmail.com
Fakultas : FKIP
Program Studi : Magister Pendidikan Fisika
Judul Tesis : Pengembangan Sistem Pemantauan Tinggi Gelombang Air pada Model Tsunami Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 Berbantuan Arduino.

Dengan ini menyerahkan hak sepenuhnya kepada Pusat Sumber Belajar Universitas Ahmad Dahlan untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik berikut (beri tanda pada kotak):

Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Pusat Sumber Belajar Universitas Ahmad Dahlan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 27 Mei 2024

Penulis,



Hasbullah

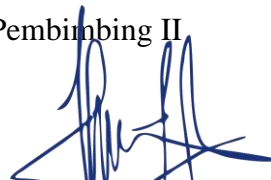
Mengetahui,

Pembimbing I



Yudhiakto Pramudya, Ph.D
NIPM. 198010062013051111155929

Pembimbing II



Dr. Moh. Irma Sukarelawan, S.Pd.Si., M.Pd
NIPM. 198407272019081111334908

MOTTO

Menggunakan akal untuk menjadi yang terbaik

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini kupersembahkan untuk ibu tercinta Hamsiah, adik-adik, kakak, istri, dan anak-anakku yang selalu memberikan doa dan dukungannya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan ijin-Nya sehingga penulisan tesis berjudul “Pengembangan Sistem Pemantauan Tinggi Gelombang Air Pada Model Tsunami Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 Berbantuan Arduino” dapat diselesaikan dengan baik.

Tesis ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan di Program Studi Magister Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan. Berkat dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Muchlas, M.T, selaku Rektor Universitas Ahmad Dahlan, yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu di lembaga ini.
2. Muhammad Sayuti, S.Pd, M.Pd, M.Ed, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Ahmad Dahlan, yang telah memfasilitasi perizinan penelitian dengan lancar tanpa suatu halangan yang berarti.
3. Dr. Moh. Toifur, M.Si, selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan yang telah memberikan pengarahan dan motivasi kepada penulis untuk penyusunan tesis.
4. Yudhiakto Pramudya, Ph.D, yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan ilmunya guna memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran kepada penulis sejak penyusunan proposal hingga penyelesaian tesis.
5. Dr. Moh. Irma Sukarelawan, S.Pd.Si., M.Pd, yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan ilmunya dalam memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran kepada penulis dalam penyusunan tesis.
6. Prof. Dr. Dwi Sulisworo, M.T, yang telah berkenan memberikan saran perbaikan tesis ini selama menjadi penguji sejak ujian proposal hingga ujian sidang tesis.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu juga telah banyak membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga bantuan dan amal kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan ridha dari Allah SWT. Penulis menyadari tesis ini jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran penulis harapkan untuk kesempurnaan tesis ini.

Yogyakarta, 22 Mei 2024

Penulis,



Hasbullah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES.....	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Hasil Penelitian Terdahulu	7
B. Kajian Teori.....	10
1. Momen kelembaman silinder.....	10
2. Gerak silinder pada bidang miring.....	12
3. Gelombang air laut.....	14
4. Perangkat Keras Arduino	19
5. Perangkat Lunak Arduino	25
6. Sensor Ultrasonik HC-SR04	28
C. Kerangka Berpikir	31
D. Pertanyaan Penelitian.....	32
BAB III METODE PENELITIAN	33
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	33
B. Objek Penelitian	33
C. Alat dan Bahan Penelitian	33
1. Perangkat keras	33
2. Perangkat lunak.....	34
D. Prosedur Penelitian	35
1. Analisis kebutuhan (<i>Analysis</i>).....	35
2. Perancangan (<i>Design</i>)	35
3. Implementasi (<i>Implementation</i>).....	36
4. Pengujian (<i>Testing</i>)	38
5. Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>)	39

E. Metode Pengambilan Data.....	39
F. Analisis Data.....	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	43
A. Hasil Penelitian.....	43
1. Pengujian Arduino	43
2. Pengujian Sensor Ultrasonik.....	46
3. Pengukuran Ketinggian Gelombang Permukaan Air.....	53
B. Pembahasan Penelitian	59
1. Karakteristik pengukuran dengan sensor ultrasonik.....	59
2. Pola ketinggian gelombang air terhadap sudut bidang miring.....	60
C. Hubungan penelitian terdahulu.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	66
A. Kesimpulan.....	66
B. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Silinder pejal yang berotasi terhadap sumbu silinder.....	11
Gambar 2. Gaya-gaya pada silinder bergerak di bidang miring	12
Gambar 3. Refraksi gelombang.....	17
Gambar 4. Refleksi gelombang	18
Gambar 5. Penjalaran Gelombang	18
Gambar 6. Mikrokontroler ATmega328	20
Gambar 7. Arduino Uno dan ATmega328.....	21
Gambar 8. Port USB.....	22
Gambar 9. Kabel USB.....	22
Gambar 10. Catu Daya dan Soket Eksternal	23
Gambar 11. Pin Analog	23
Gambar 12. Pin Digital.....	24
Gambar 13. Pin ICSP	24
Gambar 14. Tombol Reset	25
Gambar 15. Arduino Software	26
Gambar 16. Layar utama Arduino Software	27
Gambar 17. Mekanisme Pemrograman	27
Gambar 18. Sensor Ultrasonik HC-SR04	28
Gambar 19. Waktu Tempuh Gelombang Ultrasonik HC-SR04.....	30
Gambar 20. Kerangka Berpikir Penelitian	32
Gambar 21. Susunan Peralatan.....	36
Gambar 22. Skema Pengambilan Data.....	39
Gambar 23. Flowchart Perolehan Data Eksperimen	41
Gambar 24. Skema Rangkaian Pengujian	43
Gambar 25. Flowchart Pemrograman Uji Arduino	44
Gambar 26. Skema Pengujian Ultrasonik	47
Gambar 27. Flowchart Pemrograman Sensor Ultrasonik.....	47
Gambar 28. Data Streamer Microsoft Excel	49
Gambar 29. Skema pengambilan Data Pengujian Ultrasonik	50
Gambar 30. Susunan Model tsunami dan sensor ultrasonik	53
Gambar 31. Skema prosedur pengukuran ketinggian air	54
Gambar 32. Kesalahan relatif sensor terhadap jarak.....	59
Gambar 33. Grafik Pola gelombang permukaan air sudut 17°	60
Gambar 34. Grafik Pola gelombang permukaan air sudut 15°	61
Gambar 35. Grafik Pola gelombang permukaan air sudut 12°	61

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Daftar Pin-Pin di Arduino dan ATmega328	20
Tabel 2. Keterangan Pin Sensor Ultrasonik HC-SR04	28
Tabel 3. Spesifikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	29
Tabel 4. Hasil pengujian Pin Arduino.....	45
Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor ke-1	52
Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor ke-2	52
Tabel 7. Hasil Pengujian Sensor ke-3	52
Tabel 8. Hasil Pengujian Sensor ke-4	52
Tabel 9. Pengukuran ketinggian permukaan air sudut 17°.....	55
Tabel 10. Pengukuran ketinggian permukaan air sudut 15°.....	57
Tabel 11. Pengukuran ketinggian permukaan air sudut 12°.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** Tabel Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik Jarak 15 cm
- Lampiran 2.** Tabel Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik Jarak 20 cm
- Lampiran 3.** Tabel Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik Jarak 25 cm
- Lampiran 4.** Tabel Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik Jarak 30 cm
- Lampiran 5.** Tabel Data Pengukuran Ketinggian Gelombang Sudut 17°
- Lampiran 6.** Tabel Data Pengukuran Ketinggian Gelombang Sudut 15°
- Lampiran 7.** Tabel Data Pengukuran Ketinggian Gelombang Sudut 12°
- Lampiran 8.** Grafik Pola Ketinggian Gelombang Sudut 17°
- Lampiran 9.** Grafik Pola Ketinggian Gelombang Sudut 15°
- Lampiran 10.** Grafik Pola Ketinggian Gelombang Sudut 12°
- Lampiran 11.** Foto Rangkaian Pengujian Arduino
- Lampiran 12.** Foto Rangkaian Sensor Ultrasonik pada Arduino
- Lampiran 13.** Bahasa Pemrograman Uji Arduino
- Lampiran 14.** Bahasa Pemrograman Sensor Ultrasonik
- Lampiran 15.** Foto Model Sistem Pengukuran Tampak Samping
- Lampiran 16.** Foto Model Sistem Pengukuran Tampak Atas

Hasbullah. 2024. Pengembangan Sistem Pemantauan Tinggi Gelombang Air Pada Model Tsunami Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 Berbantuan Arduino. *Tesis*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan.

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang pengembangan sistem pemantauan tinggi gelombang air pada model tsunami menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 berbantuan arduino. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi sistem pengukuran ketinggian permukaan air dengan menggunakan sensor ultrasonik pada arduino serta menginvestigasi pola ketinggian gelombang air akibat longoran dengan variasi sudut bidang miring.

Proses penelitian menggunakan metode eksperimen dan pengembangan aplikasi pengukuran ketinggian gelombang permukaan air yang diakibatkan oleh longoran pada model tsunami. Gelombang air yang diukur adalah gelombang yang diakibatkan oleh longoran silinder pejal yang menggelinding pada bidang miring di dalam air. Pengukuran ketinggian gelombang menggunakan sensor ultrasonik berbantuan arduino sebagai mikrokontroler. Aplikasi dibuat menggunakan Arduino IDE dan Microsoft Excel yang terintegrasi dengan *data streamer* yang terkoneksi dengan *board* arduino. Eksperimen dilakukan dengan melakukan variasi kemiringan sudut bidang miring yang dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap sudut yang berbeda.

Hasil penelitian pada kalibrasi sistem pengukuran sensor ultrasonik yang digunakan dapat bekerja dengan baik karena tingkat kesalahan relatif lebih kecil daripada 1%. Pada penggunaan sensor ultrasonik dalam pengukuran memperoleh tingkat persentase kesalahan relatif rata-rata adalah 0,42%. Kesalahan relatif pengukuran semakin baik pada jarak yang lebih besar. Hasil investigasi pola gelombang permukaan air diperoleh bahwa ketinggian permukaan air akan semakin berkurang pada sudut kemiringan yang kecil, ketinggian permukaan air semakin berkurang pada jarak yang semakin besar, dan kecepatan rambat gelombang semakin berkurang pada sudut kemiringan yang semakin kecil.

Kata kunci: Arduino Uno, Bidang Miring, Longoran, Sensor Ultrasonik, Tsunami.

Hasbullah. 2024. Development of Water Wave Height Monitoring System in Tsunami Model Using HC-SR04 Ultrasonic Sensor Assisted by Arduino. *Thesis*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan.

ABSTRACT

Research has been carried out on the development of a water wave height monitoring system in a tsunami model using the HC-SR04 ultrasonic sensor assisted by Arduino. This research aims to characterize the system for measuring water surface height using an ultrasonic sensor on Arduino and investigate the pattern of water wave height due to landslides with variations in the angle of the inclined plane.

The research process uses experimental methods and develops an application for measuring the height of water surface waves caused by landslides in a tsunami model. The water waves measured are waves caused by landslides of solid cylinders rolling on an inclined plane in the water. Wave height measurement uses an ultrasonic sensor assisted by Arduino as a microcontroller. The application was created using Arduino IDE and Microsoft Excel which is integrated with a data streamer connected to the Arduino board. The experiment was carried out by varying the angle of the inclined plane three times for each different angle.

The results of research on the calibration of the ultrasonic sensor measurement system used are able to operate in a good form. The relative error rate is smaller than 1%, the use of ultrasonic sensors in measurements obtains an average relative error percentage rate of 0.42%. The relative error of measurement gets better at distance. the greater one. The results of the investigation of water surface wave patterns showed that the water surface height will decrease at a small slope angle, the water surface height will decrease at a greater distance, and the wave propagation velocity will decrease at a smaller angle of the inclined plane.

Keywords: Arduino Uno, Inclined Plane, Landslide, Ultrasonic Sensor, Tsunami.