

**STUDI FAKTOR KUALITAS
PADA GETARAN TERKOPEL TEREDAM
SECARA EKSPERIMEN DAN SIMULASI GEOGEBRA**

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:

Sulistyo Budhi

NIM : 2007041010

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

HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS

STUDI FAKTOR KUALITAS PADA GETARAN TERKOPEL TEREDAM SECARA EKSPERIMEN DAN SIMULASI GEOGEBRA

Diajukan oleh:

Nama : Sulistyo Budhi

NIM : 2007041010

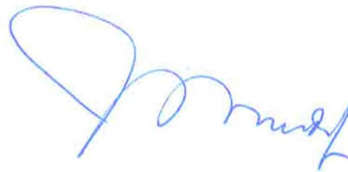
telah disetujui untuk dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
Program Studi Magister Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
Pada tanggal 1 Juli 2024

Dosen Pembimbing I



Yudhiakto Pramudya, Ph.D.
NIPM. 198010062013051111155929

Dosen Pembimbing II



Dr. Moh. Toifur, M.Si.
NIP. 196407181991031001

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

Studi Faktor Kualitas pada Getaran Terkoppel Teredam secara Eksperimen dan Simulasi Geogebra

yang dipersiapkan dan disusun oleh

Sulistyo Budhi
2007041010

telah dipertahankan di depan
Panitia Ujian Tesis Program Studi Magister Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
pada tanggal 1 Juli 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, M.T.


Penguji II : Dr. Widodo, M.Si.

Penguji III : Dr. Moh. Toifur, M.Si.



Yogyakarta, Juli 2024
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
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 : Sulistyو Budhi
NIM : 2007041010
Program Studi : Magister Pendidikan Fisika
Fakultas : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP)
Perguruan Tinggi : Universitas Ahmad Dahlan (UAD) Yogyakarta

menyatakan bahwa karya ilmiah berjudul Studi Faktor Kualitas pada Getaran Terkoppel Teredam secara Eksperimen dan Simulasi Geogebra 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, Juli 2024

Penulis



Sulistyو Budhi

PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Nama : Sulistyو Budhi
NIM : 2007041010
Email : sulistyو2007041010@uad.webmail.uad.ac.id
Program Studi : Magister Pendidikan Fisika
Fakultas : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Judul Tesis : Studi Faktor Kualitas pada Getaran Terkopel
Teredam secara Eksperimen dan Simulasi
Geogebra

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 Respiratory Pusat Sumber Belajar Universitas Ahmad Dahlan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, Juli 2024

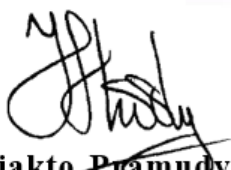
Penulis



Sulistyو Budhi

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I



Yudhiakto Pramudya, Ph.D.
NIPM. 198010062013051111155929

Dosen Pembimbing II



Dr. Moh. Toifur, M.Si.
NIP. 196407181991031001

MOTTO

”Sebuah harapan adalah satu bintang dalam gulita langit malam yang membangkitkan asa dari segala gundah dan kenistaan”

“Aku bersyukur kepada Alloh karena tidak menghindarkanku dari segala kegagalan, tetapi dari kegagalan-kegagalan itulah yang mengilhami penemuan-penemuanku”

“He isn’t stupid, but not good enough”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tesis sederhana ini, saya bingkiskan kepada:

Ibu dan bapak (alm)
Istri, anak-anakku, dan segenap keluarga di Kebumen dan Wonosobo
Guru-guru yang telah banyak mengajari selama ini
serta Almamater Fisika tercinta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, inayah-Nya, serta kekuatan untuk selalu melangkah menapaki perjalanan hidup ini. Sholawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya yang selalu menantikan syafa'atnya.

Alhamdulillah, saya akhirnya dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul **“Studi Faktor Kualitas pada Getaran Terkoppel Teredam secara Eksperimen dan Simulasi Geogebra”** dengan segala tantangan serta kekurangan yang ada. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan mencapai gelar master pada Program Studi Magister Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Ahmad Dahlan (UAD) Yogyakarta.

Dengan segala hormat dan kerendahan hati, pada kesempatan ini saya menghaturkan terima kasih atas segala ketulusan, bimbingan, dorongan, dan bantuan semua pihak sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tesis:

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 kepada penulis sehingga penelitian dapat dilaksanakan dengan lancar tanpa suatu halangan yang berarti.
3. Dr. Moh. Toifur, M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan sekaligus pembimbing kedua, yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan ilmunya guna memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran kepada penulis dalam penyusunan tesis.
4. Yudhiakto Pramudya, Ph.D. selaku pembimbing pertama, yang telah memberikan kesempatan belajar dan dengan penuh kesabaran telah

berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan ilmunya guna memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan dan penyelesaian tesis.

5. Dr. Ishafit, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik, yang telah memberikan motivasi dan pelayanan bimbingan selama kuliah.
6. Oki Mustava, M.Pd.Si, selaku Sekertaris Program Studi Magister Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan, yang telah memberikan motivasi dan bantuan sangat luar biasa dalam penyelesaian tesis.
7. Abdul Muis Habib dan rekan-rekan di group riset WANI, yang telah memberikan bantuan, diskusi, dan *sharing* ilmunya sedari awal mengikuti mata kuliah seminar fisika sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang telah banyak memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga menjadi amal ibadah yang akan mendapatkan balasan dan ridho dari Alloh SWT. Akhirnya hanya kepada Alloh SWT kita kembalikan semua urusan, saya mengharap saran dan masukan dari semua pihak untuk penyempurnaan penyusunan tesis ini dan semoga karya sederhana ini dapat bermanfaat serta menjadi sedikit sumbangsih untuk kemajuan fisika dan pembelajarannya ke depan.

Yogyakarta, Juli 2024
Penulis

Sulistyo Budhi

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	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Masalah	7
F. Manfaat Penelitian	7
G. Definisi Operasional	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
A. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu	9
B. Kajian Teori	18
1. Osilasi terkopel	18
2. Osilasi teredam	20
3. Faktor kualitas	20
4. Arduino dan sensor ultrasonik	22
5. Geogebra dalam pembelajaran	24
C. Kerangka Berpikir	26
D. Pertanyaan Penelitian	28
BAB III METODE PENELITIAN	29
A. Tempat dan Waktu Penelitian	29
B. Jenis Penelitian	29
C. Prosedur Penelitian	29
1. Desain alat eksperimen	29
2. Simulasi visualisasi Geogebra	32
3. Jenis data	34
4. Pengambilan data eksperimen	34
D. Teknis Analisis Data	35
1. Analisis pola perpindahan dan faktor kualitas	35
2. Analisis visualisasi Geogebra	37
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	38
A. Hasil Penelitian	38

1. Pola perpindahan beban pada getaran terkopel dengan sensor ultrasonik berbantuan Arduino.....	38
2. Pengukuran faktor kualitas pada osilator terkopel teredam mode sefase	41
3. Visualiasi perpindahan beban terkopel oleh pegas dari Geogebra	45
B. Pembahasan	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
A. Kesimpulan.....	52
B. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ringkasan kajian penelitian terdahulu	16
Tabel 2. Hasil perhitungan r , ω , dan Q pada sensor 1.....	42
Tabel 3. Hasil perhitungan r , ω , dan Q pada sensor 2.....	42
Tabel 4. Hasil perhitungan r , ω , dan Q setelah seleksi data pada sensor 1.....	43
Tabel 5. Hasil perhitungan r , ω , dan Q setelah seleksi data pada sensor 2.....	44
Tabel 6. Perhitungan ralat A pada sensor 1.....	45
Tabel 7. Perhitungan ralat A pada sensor 2.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alat eksperimen pendulum terkopel dengan Arduino	3
Gambar 2. Osilasi pendulum terkopel pegas	18
Gambar 3. Penurunan amplitudo pada gerak terkopel teredam.....	22
Gambar 4. <i>Board</i> Arduino Uno	23
Gambar 5. Sensor ultrasonik HC-SR04.....	23
Gambar 6. Tampilan awal Geogebra	25
Gambar 7. Kerangka berpikir	27
Gambar 8. Alat osilator terkopel teredam sensor ultrasonik Arduino	31
Gambar 9. Sensor ultrasonik terhubung <i>board</i> Arduino Uno	31
Gambar 10. Sistem koordinat Cartesius (x,y)	32
Gambar 11. Variabel <i>input</i>	33
Gambar 12. <i>Slider</i>	33
Gambar 13. <i>Input</i> persamaan.....	34
Gambar 14. Tampilan PLX-DAQ di <i>microsoft excel</i>	35
Gambar 15. <i>Flowchart</i> analisis penentuan faktor kualitas	36
Gambar 16. <i>Flowchart</i> analisis visualisasi Geogebra	37
Gambar 17. Grafik Awal PLX-DAQ hasil osilasi terkopel mode sefase	39
Gambar 18. Grafik s-t- pada osilasi terkopel teredam mode sefase	40
Gambar 19. Grafik Analisis Regresi Sensor 1.....	42
Gambar 20. Grafik Analisis Regresi Sensor 2.....	42
Gambar 21. Visualisasi GeoGebra pada Sensor 1	46
Gambar 22. Visualisasi GeoGebra pada Sensor 2	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Percobaan 1	56
Lampiran 2. Data Percobaan 2	60
Lampiran 3. Data Percobaan 3	64
Lampiran 4. Data Percobaan 4	68
Lampiran 5. Data Percobaan 5	72
Lampiran 6. Data Percobaan 6	76
Lampiran 7. Data Percobaan 7	80
Lampiran 8. Data Percobaan 8	84
Lampiran 9. Data Percobaan 9	88
Lampiran 10. Data Percobaan 10	92
Lampiran 11. Coding Program Arduino	96

Budhi, S. 2024. Studi Faktor Kualitas Pada Getaran Terkopel Teredam Secara Eksperimen dan Simulasi Geogebra. *Tesis*: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.

INTISARI

Pada getaran terkopel teredam, terdapat gaya gesek yang menyebabkan amplitudo getaran akan berkurang sampai akhirnya getaran berhenti. Desain perangkat dalam penelitian ini terdiri dari dua buah pendulum bermassa identik yang terkopel pegas, sensor ultrasonik untuk menangkap perubahan jarak pendulum saat berosilasi yang terhubung *board* Arduino kemudian PC/Laptop. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pola perpindahan beban, menentukan besar faktor kualitas, dan kemudian membandingkan amplitudo perpindahan beban pada getaran terkopel teredam mode sefase dengan simulasi Geogebra. Pengambilan data dilakukan dengan cara menggerakkan pendulum dan menekan tombol *connect* pada aplikasi PLX-DAQ untuk memperoleh data yang secara otomatis ditampilkan pada Microsoft Excel.

Dari tabel data waktu dan jarak, kemudian data di-*plot* dalam bentuk grafik. Setelah dilakukan pencatatan besar amplitudo dan waktu, dilakukan analisis regresi linear untuk mendapatkan nilai *slope* yang diperlukan untuk menghitung nilai faktor redaman r . Selanjutnya dilakukan perhitungan besar nilai frekuensi sudut ω , dan faktor kualitas Q baik pada sensor 1 maupun sensor 2. Dengan menggunakan nilai A_0 dari hasil eksperimen, kemudian meng-*input*-kan nilai ω dan Q pada perangkat lunak Geogebra. Visualisasi grafik getaran terkopel teredam dihasilkan dengan nilai amplitudo yang semakin berkurang. Selanjutnya, dilakukan penghitungan ralat dengan membandingkan amplitudo hasil visualisasi Geogebra dengan amplitudo hasil eksperimen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saat sensor 1 mencapai simpangan maksimum maka sensor 2 juga mencapai simpangan maksimum. Demikian pula sebaliknya, sehingga osilasi terkopel yang dihasilkan kedua sensor yaitu sensor 1 dan sensor 2 adalah mode sefase. Faktor kualitas pada sensor 1 diperoleh sebesar $Q = (12,372 \pm 2,243)$ dan pada sensor 2 sebesar $Q = (14,436 \pm 1,778)$. Persentase perbedaan amplitudo antara hasil eksperimen dan visualisasi Geogebra pada sensor 1 berada pada rentang 11,765% sampai 22,642% dan pada sensor 2 berada pada rentang 4,545% sampai 30,769%. Perbedaan ini disebabkan kekurangkeakuratan sensor dan waktu akuisisi data.

Kata kunci: Osilasi terkopel teredam, Arduino, sensor ultrasonik, faktor kualitas, visualisasi Geogebra

Budhi, S. 2024. Study of Quality Factors in Coupled Damped Vibrations based on Experiments and Geogebra Simulations. *Thesis*: Faculty of Teacher Training and Education, Ahmad Dahlan University Yogyakarta.

ABSTRACT

In damped coupled vibrations, there is friction force which causes oscillation amplitude will decrease until finally the vibration stops. The device design in this research consists of two mass pendulums coupled to a spring, an ultrasonic sensor to capture changes in the distance of the pendulum when it oscillates which is connected to an Arduino board and then a PC/Laptop. The aim of this research is to analyze the load transfer pattern, determine the size of the quality factor, and then compare the load transfer amplitude in damped coupled vibration in in-phase mode with the Geogebra simulation. Data collection is done by moving the pendulum and pressing the connect button on the PLX-DAQ application to obtain data which is automatically displayed in Microsoft Excel.

From the time and distance data table, the data is then plotted in graphical form. After recording the amplitude and time, a linear regression analysis was carried out to obtain the slope value that needed to calculate the value of the damping factor r . So, the value of the angular frequency ω and the quality factor Q are calculated for both sensor 1 and sensor 2. By using the A_0 value from the experimental results, then inputting the values of ω and Q into the Geogebra software that has been prepared, a visualization of the damped coupled vibration graph will be produced with decreasing amplitude values. Next, an error calculation was carried out by comparing the amplitude of the Geogebra visualization results with the amplitude of the experimental results.

The results shows that when sensor 1 reaches the maximum deviation, sensor 2 also reaches the maximum deviation. The coupled oscillations produced by the two sensors, sensor 1 and sensor 2 are in phase mode. The quality factor on sensor 1 was obtained at $Q = (9.35 \pm 2.07)$ and at sensor 2 it was $Q = (14.61 \pm 2.18)$. The percentage difference in amplitude between the experimental results and Geogebra visualization on sensor 1 is in the range of 35.7% to 83.3% and on sensor 2 it is in the range of 18.8% to 62.5%. This is due to the lack of sensor accuracy and data acquisition time.

Keywords: Coupled damped oscillations, Arduino, ultrasonic sensors, quality factors, Geogebra visualization