

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	i
ABSTRACT	ii
ABSTRAK	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat	6
1.6 Kerangka dan Ruang Lingkup	6
1.7 Metode Pengumpulan Data	6
1.8 Sistematika Penulisan	7
2 TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Sistem Dinamik	8
2.1.1 <i>Pendulum</i> Galileo	8
2.1.2 Persamaan Diferensial	9
2.1.3 Transformasi D'Alembert	10

DAFTAR ISI

2.2	Analisis Kestabilan	11
2.2.1	Analisis Kestabilan Lokal	11
2.3	Model Matematik	16
2.4	Metode Numerik Sistem Persamaan Diferensial Biasa	16
2.5	Sistem <i>Chaos</i>	17
2.5.1	Definisi <i>Chaos</i>	17
2.5.2	<i>Attractor</i>	18
2.5.3	<i>Chaos Maps</i> dan <i>Flows</i>	19
2.6	Sistem Eksperimen	20
2.6.1	Sensor Ultrasonik HC-SR04	20
2.6.2	Kamera Digital (<i>Webcam</i>)	21
2.6.3	<i>Software</i> Matlab	22
2.6.4	Mikrokontroler Arduino	22
2.6.5	Deteksi Warna	23
3	METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1	Langkah Kerja	25
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.3	Alat dan Bahan	25
3.4	Kerangka Penelitian	26
3.5	Metoda Penelitian	28
3.5.1	Analitik	28
3.5.2	Numerik	29
3.5.3	Eksperimen	30
3.6	Desain Rancang Bangun Alat	31
4	ANALISIS SISTEM DINAMIK <i>PENDULUM I</i>	32
4.1	Model Matematik	32
4.2	Solusi Numerik Menggunakan Metode Runge - Kutta Orde-4	33
4.3	Analisis Kestabilan Lokal Sistem <i>Pendulum I</i>	35
4.3.1	Mencari Nilai Eigen	35
4.4	Eksperimen	36
4.4.1	Pengamatan <i>Pendulum I</i> Menggunakan Sensor HC-SR04	36
4.4.2	Pengamatan <i>Pendulum I</i> Menggunakan <i>Webcam</i>	37
4.4.3	Perbandingan dari Hasil Uji Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04, <i>Webcam</i> dan Hasil Numerik	39

5	ANALISIS SISTEM DINAMIK <i>PENDULUM II</i>	41
5.1	Model Matematik	41
5.2	Solusi Numerik Menggunakan Metode Runge - Kutta Orde-4	43
5.3	Eksperimen	46
5.3.1	Pengamatan <i>Pendulum</i> Menggunakan Sensor HC-SR04	46
5.3.2	Pengamatan <i>Pendulum</i> Menggunakan <i>Webcam</i>	47
5.3.3	Perbandingan dari Hasil Pengujian Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04, <i>Webcam</i> dan Hasil Numerik	49
6	PENUTUP	51
6.1	Kesimpulan	51
6.2	Saran	52
A	Model Matematik <i>Pendulum I</i> Menggunakan Lagrange	57
B	Solusi Numerik <i>Pendulum I</i> Menggunakan Runge-Kutta Orde-4	60
C	Model Matematik <i>Pendulum II</i> Menggunakan Lagrange	61
D	Solusi Numerik <i>Pendulum II</i> Menggunakan Runge-Kutta Orde-4	65
E	Hasil Numerik Sistem <i>Pendulum I</i> Menggunakan Matlab 2010	69
F	Hasil Pengujian Sistem <i>Pendulum I</i> Menggunakan Sensor HC-SR04	71
G	Hasil Pengujian Sistem <i>Pendulum I</i> Menggunakan <i>Webcam</i>	72
H	Hasil Numerik Sistem <i>Pendulum II</i> Menggunakan Matlab 2010	74
I	Hasil Pengujian Sistem <i>Pendulum II</i> Menggunakan Sensor HC-SR04	77
J	Hasil Pengujian Sistem <i>Pendulum II</i> Menggunakan <i>Webcam</i>	79
K	Riwayat Hidup	84

DAFTAR GAMBAR

2.1	<i>Pendulum</i> Galileo (Ginoux, 2009)	9
2.2	Orbit kestabilan disekitar titik kritis; (a) <i>stable spiral</i> , (b) <i>unstable spiral</i> , (c) <i>saddle point</i> , (d) <i>center point</i> , (e) <i>stable node</i> , <i>unstable node</i> (Iswanto, R.J., 2011)	15
2.3	Sensor HC-SR04 (Sanjaya, W.S.M, 2013)	20
2.4	<i>Webcam</i> Xtech XC-407	22
2.5	Arduino Uno (Schmidt, 2011)	23
2.6	Konversi warna rgb (Rahayu, D.S., 2014)	24
3.1	Diagram alir kerangka kerja global	27
3.2	Diagram alir model matematik	28
3.3	Diagram alir solusi numerik	29
3.4	Diagram alir eksperimen	30
3.5	Desain rancang bangun <i>Pendulum</i> I.	31
3.6	Desain rancang bangun <i>Pendulum</i> II.	31
4.1	Sistem dinamik <i>Pendulum</i> I	32
4.2	Time series hasil numerik <i>Pendulum</i> I ketika $l=23$ cm.	34
4.3	Diagram fase dan time series hasil numerik <i>Pendulum</i> I ketika $l=23$ cm.	34
4.4	Kecepatan sudut hasil numerik <i>Pendulum</i> I ketika $l=23$ cm	35
4.5	Hasil uji <i>Pendulum</i> I time series X terhadap t, dengan $l =23$ cm	36
4.6	Time series X terhadap t dengan $l=23$ cm	38
4.7	Time series Y terhadap X dengan $l=23$ cm	38
4.8	Diagram fase Y terhadap X dengan $l=23$ cm	39
4.9	Perbandingan pengujian dan hasil numerik <i>Pendulum</i> I	40
5.1	Sistem dinamik <i>Pendulum</i> II	41
5.2	Time series hasil numerik <i>Pendulum</i> II ketika $\theta_1 = 30^\circ$ dan $\theta_2 = 30^\circ$	44
5.3	Time series hasil numerik <i>Pendulum</i> II ketika $\theta_1 = 30^\circ$ dan $\theta_2 = 30^\circ$	44
5.4	Diagram fase hasil numerik <i>Pendulum</i> II ketika $\theta_1 = 30^\circ$ dan $\theta_2 = 30^\circ$	44
5.5	Kecepatan sudut hasil numerik <i>Pendulum</i> II ketika $\theta_1 = 30^\circ$ dan $\theta_2 = 30^\circ$	45

DAFTAR GAMBAR

5.6	Kecepatan sudut hasil numerik <i>Pendulum</i> II ketika $\theta_1 = 30^\circ$ dan $\theta_2 = 30^\circ$	45
5.7	Time series hasil numerik <i>Pendulum</i> II ketika $\theta_1 = 30^\circ$ dan $\theta_2 = 30^\circ$	45
5.8	(a) Time series hasil pengujian <i>Pendulum</i> II ketika $\theta_1 = 30^\circ$ dan $\theta_2 = 30^\circ$	47
5.9	Time series hasil pengujian <i>Pendulum</i> II ketika $\theta_1 = 30^\circ$ dan $\theta_2 = 30^\circ$	47
5.10	Time series hasil pengujian <i>Pendulum</i> II ketika $\theta_1 = 30^\circ$ dan $\theta_2 = 30^\circ$	48
5.11	Diagram fase hasil pengujian <i>Pendulum</i> II ketika $\theta_1 = 30^\circ$ dan $\theta_2 = 30^\circ$	48
5.12	Perbandingan pengujian dan hasil numerik <i>Pendulum</i> II untuk <i>Pendulum</i> pertama	49
5.13	Perbandingan pengujian dan hasil numerik <i>Pendulum</i> II untuk <i>Pendulum</i> kedua	49
A.1	Sistem dinamik <i>Pendulum</i> I	57
C.1	Sistem dinamik <i>Pendulum</i> II	61
E.1	Time series hasil numerik <i>Pendulum</i> I ketika $l=19$ cm	69
E.2	Diagram fase dan time series hasil numerik <i>Pendulum</i> I ketika $l=19$ cm	69
E.3	Kecepatan sudut hasil numerik <i>Pendulum</i> I ketika $l=19$ cm	70
F.1	Time series hasil uji ketika $l=15$ cm dan $l=17$ cm	71
F.2	Time series hasil uji ketika $l=19$ cm dan $l=21$ cm	71
G.1	Time series dan diagram fase hasil uji ketika $l=15$ cm	72
G.2	Time series dan diagram fase hasil uji ketika $l=17$ cm	72
G.3	Time series dan diagram fase hasil uji ketika $l=19$ cm	72
G.4	Time series dan diagram fase hasil uji ketika $l=21$ cm	73
H.1	Time series hasil numerik ketika $\theta_1=20^\circ$ dan $\theta_2=20^\circ$	74
H.2	Time series hasil numerik ketika $\theta_1=20^\circ$ dan $\theta_2=20^\circ$	74
H.3	Diagram fase hasil numerik ketika $\theta_1=20^\circ$ dan $\theta_2=20^\circ$	75
H.4	Kecepatan sudut hasil numerik ketika $\theta_1=20^\circ$ dan $\theta_2=20^\circ$	75
H.5	Kecepatan sudut hasil numerik ketika $\theta_1=20^\circ$ dan $\theta_2=20^\circ$	75
H.6	Time series hasil numerik ketika $\theta_1=20^\circ$ dan $\theta_2=20^\circ$	76
I.1	Time series hasil uji ketika $\theta_1=15^\circ$ dan $\theta_2=15^\circ$	77

DAFTAR GAMBAR

I.2	Time series hasil uji ketika $\theta_1=20^\circ$ dan $\theta_2=20^\circ$	77
I.3	Time series hasil uji ketika $\theta_1=25^\circ$ dan $\theta_2=25^\circ$	78
I.4	Time series hasil uji ketika $\theta_1=35^\circ$ dan $\theta_2=35^\circ$	78
J.1	Time series hasil uji ketika $\theta_1=15^\circ$ dan $\theta_2=15^\circ$	79
J.2	Time series hasil uji ketika $\theta_1=15^\circ$ dan $\theta_2=15^\circ$	79
J.3	Diagram fase hasil uji ketika $\theta_1=15^\circ$ dan $\theta_2=15^\circ$	80
J.4	Time series hasil uji ketika $\theta_1=20^\circ$ dan $\theta_2=20^\circ$	80
J.5	Time series hasil uji ketika $\theta_1=20^\circ$ dan $\theta_2=20^\circ$	80
J.6	Diagram fase hasil uji ketika $\theta_1=20^\circ$ dan $\theta_2=20^\circ$	81
J.7	Time series hasil uji ketika $\theta_1=25^\circ$ dan $\theta_2=25^\circ$	81
J.8	Time series hasil uji ketika $\theta_1=25^\circ$ dan $\theta_2=25^\circ$	81
J.9	Diagram fase hasil uji ketika $\theta_1=25^\circ$ dan $\theta_2=25^\circ$	82
J.10	Time series hasil uji ketika $\theta_1=35^\circ$ dan $\theta_2=35^\circ$	82
J.11	Time series hasil uji ketika $\theta_1=35^\circ$ dan $\theta_2=35^\circ$	82
J.12	Diagram fase hasil uji ketika $\theta_1=35^\circ$ dan $\theta_2=35^\circ$	83



DAFTAR TABEL

2.1	Kriteria kestabilan berdasarkan nilai eigen.	15
2.2	Perbedaan <i>Chaos Maps</i> dan <i>Chaos Flows</i>	19
3.1	Daftar alat dan bahan rancang bangun alat eksperimen.	26
4.1	Hasil uji pengamatan menggunakan sensor Ultrasonik HC-SR04. . .	37
4.2	Hasil uji pengamatan menggunakan <i>webcam</i>	39
4.3	Hasil uji pengamatan menggunakan <i>webcam</i>	40

