

**ANALISIS GERAK PENDULUM ELASTIS BERBANTUAN
PENGOLAHAN CITRA DIGITAL**

SKRIPSI



Oleh

Hafizh Aji Prakosa NPM 20330012

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA ILMU PENGETAHUAN
ALAM DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
APRIL 2024**

**ANALISIS GERAK PENDULUM ELASTIS BERBANTUAN
PENGOLAHAN CITRA DIGITAL**

Skripsi

Diajukan kepada Universitas PGRI Semarang
untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan
Program Sarjana Pendidikan Fisika



Oleh

Hafizh Aji Prakosa NPM 20330012

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA ILMU PENGETAHUAN
ALAM DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
APRIL 2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi Berjudul

ANALISIS GERAK PENDULUM ELASTIS BERBANTUAN PENGOLAHAN
CITRA DIGITAL

yang disusun oleh Hafizh Aji Prakosa
NPM 20330012

telah disetujui dan siap diujikan.

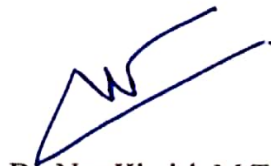
Semarang, 22 April 2024

Pembimbing 1



Dr. Affandi Faisal K, M.Sc.
NIDN 0608108204

Pembimbing 2



Dr. Nur Khoiri, M.T., M.Pd.
NIDN 0611027802

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS GERAK PENDULUM ELASTIS BERBANTUAN
PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

yang dipersiapkan dan disusun oleh

Hafizh Aji Prakosa

20330012

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada hari selasa, 23 April
2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

Pendidikan

Panitia Ujian

Ketua



Dr. Supandi, S.Si., M.Si.
NIDN. 0621067401



Sekretaris

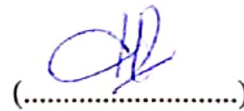


Dr. Affandi Faisal K., S.Si., M.Sc
NIDN. 0608108204

Penguji

1. Dr. Affandi Faisal K, M.Sc.

NIDN. 0608108204



(.....)

2. Dr. Nur Khoiri, M.T., M.Pd.

NIDN. 0611027802



(.....)

3. Dr. Sigit Ristanto, S.T., M.Sc.

NIDN. 0603098102



(.....)

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :
Nama : Hafizh Aji Prakosa
NPM : 20330012
Program Studi : Pendidikan Fsika

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan jiplakan atau karya tulis orang lain, baik Sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 22 April 2024

Hafizh Aji Prakosa



NPM 20330012

ANALISIS GERAK PENDULUM ELASTIS BERBANTUAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

Hafizh Aji Prakosa

Program Studi Pendidikan Fisika
Universitas PGRI Semarang Telp (024) 831637
e-mail: hafizhajiprakosa@gmail.com

ABSTRAK

Kemajuan bidang teknologi sangat berdampak pada perkembangan ilmu fisika, pengolahan citra digital pada *software tracker* merupakan salah satu contoh perkembangan teknologi dalam bidang fisika yang mampu menyelesaikan permasalahan dalam menganalisis video gerak suatu benda yang direkam menggunakan *smartphone*. Salah satu fenomena gerak yang dapat dianalisis menggunakan aplikasi *tracker* adalah gerak osilasi pada bandul elastis. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui analisis parameter gerak pendulum elastis berupa periode, lintasan osilasi dan ruang fasa menggunakan aplikasi *tracker*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Pada penelitian ini menggunakan dua variasi percobaan yaitu simpangan awal sudut sebesar (5° , 10° , 15°), dan variasi Panjang rentang pegas (17 cm, 20 cm, 23 cm). Hasil analisis yang diperoleh dari penelitian ini adalah periode bersifat relatif sama atau konstan pada variasi sudut dan panjang rentang pegas. Pada lintasan osilasi sudut simpangan awal berbanding lurus dengan Panjang lintasan. Dalam ruang fasa sudut simpangan awal tidak terlalu berpengaruh, sedangkan panjang rentang pegas berbanding terbalik dengan ruang fasa. Semakin Panjang rentang pegas pendulum elastis maka ruang fasa yang diciptakan akan semakin kecil.

Kata kunci : pendulum elastis, software tracker, periode, lintasan osilasi, ruang fasa

ANALISIS GERAK PENDULUM ELASTIS BERBANTUAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

Hafizh Aji Prakosa

Program Studi Pendidikan Fisika
Universitas PGRI Semarang Telp (024) 831637
e-mail: hafizhajiprakosa@gmail.com

ABSTRACT

Advances in technology have a huge impact on the development of physics, digital image processing in tracker software is one example of technological developments in the field of physics that can solve problems in analyzing motion videos of an object recorded using a smartphone. One of the motion phenomena that can be analyzed using the tracker application is the oscillatory motion of an elastic pendulum. The purpose of this study is to determine the analysis of elastic pendulum motion parameters in the form of period, oscillation trajectory and phase space using the tracker application. The method used in this research is experimental method. In this study using two experimental variations, namely the initial angle deviation of (5° , 10° , 15°), and variations in the length of the spring range (17 cm, 20 cm, 23 cm). The results of the analysis obtained from this study are that the period is relatively the same or constant in the variation of the angle and the length of the spring range. In the oscillation path, the angle of initial deviation is directly proportional to the length of the path. In phase space the angle of initial deviation is not very influential, while the length of the spring span is inversely proportional to the phase space. The longer the spring span of the elastic pendulum, the smaller the phase space created.

Keywords : elastic pendulum, software tracker, period, oscillation path, phase space

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum. Wr. Wb.

Segala puji dan syukur Penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT, karena berkat rahmat, hidayah, dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul: “**ANALISIS GERAK PENDULUM ELASTIS BERBANTUAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL**”. Shalawat serta salam tak lupa Penulis sampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang dinantikan syafaatnya di yaumul akhir. Penulisan skripsi ini dilakukan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Fisika di Fakultas Pendidikan Matematika Ilmu pengetahuan Alam dan Teknologi Informasi Universitas PGRI Semarang. Skripsi ini mungkin tidak dapat diselesaikan oleh Penulis tanpa bantuan dan dukungan dari beberapa pihak selama penyusunan skripsi ini oleh karena itu Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

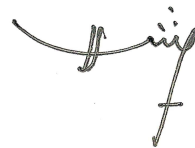
1. Dr. Sri Suciati, M.Hum, selaku Rektor Universitas PGRI Semarang;
2. Dr. Supandi, S.Si.,M.Si, selaku Dekan Fakultas Pendidikan Matematika Ilmu Pengetahuan Alam dan Teknologi Informasi Universitas PGRI Semarang;
3. Dr. Affandi Faisal Kurniawan, S.Si.,M.Sc selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Universitas PGRI Semarang sekaligus Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan arahan kepada Penulis dalam penyusunan skripsi dengan baik;
4. Dr. Nur Khoiri, M.T., M.Pd., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan arahan kepada Penulis dalam penyusunan skripsi dengan baik;
5. Dr. Sigit Ristanto, S.T., M.Sc., selaku Dosen dalam bidang Fisika Citra yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan arahan kepada Penulis dalam penyusunan skripsi dengan baik;
6. Segenap Dosen Pendidikan Fisika Universitas PGRI Semarang yang telah memberikan ilmu selama Penulis menjadi mahasiswa, semoga ilmu yang diberikan dapat bermanfaat dan menjadi amalan yang tidak akan terputus;

7. Kedua orang tua tercinta Bapak (Suwargono), Ibu (Kimyatun) dan seluruh keluarga besar tercinta sebagai tanda bukti hormat dan rasa terima kasih yang tiada hentinya karena telah memberikan segalanya, semangat, pengorbanan, doa dan limpahan kasih sayangnya kepada Penulis;
8. Kepada kakak dan adik tercinta yang selalu memberikan semangat dan dukungan penuh dalam keadaan senang maupun susah, serta menerima segala keluh kesah Penulis dalam penulisan skripsi, Penulis ucapkan banyak terimakasih;
9. Teman-teman mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Angkatan 2020, terutama Fardika Armawanto.
10. Teman-teman rumah Penulis terutama Gian Saputra.
11. Semua pihak yang telah membantu Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT memberikan berkah dan karunia-Nya serta membalas kebaikan mereka;

Akhirnya, Penulis mengucapkan terimakasih dan mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila terdapat kata-kata di dalam Penulisan skripsi ini yang kurang berkenan bagi pihak-pihak tertentu. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak, khususnya bagi Penulis dan umumnya bagi pembaca. Sekian dan Terimakasih.

Semarang, 23 April 2024

Yang menyatakan



Hafizh Aji Prakosa

NIM 20330012

MOTTO HIDUP

1. Jadilah sebuah emas dimanapun kita berada. “Hafizh Aji Prakosa”
2. Hidup hanya sebentar, jangan habiskan waktumu hanya untuk berkeluh kesah. “Hafizh Aji Prakosa”
3. Tidak ada yang namanya kebetulan. Kesempatan datang karena diciptakan. Jadi, jangan terus-terusan berpangku tangan. ”Hafizh Aji Prakosa”
4. Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi allah berjanji, bahwa sesungguhnya Bersama kesulitan ada kemudahan. “QS. Al-Insyirah : 5-6”

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
MOTTO HIDUP	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Definisi Istilah.....	4
BAB II TELAAH PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR	6
A. Landasan Teori	6
B. Kerangka Berpikir.....	10
C. Hipotesis.....	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	12
A. Lokasi dan Waktu.....	12
B. Alat dan Bahan yang Digunakan.....	12
C. Variabel Penelitian	13
D. Desain Eksperimen.....	13
E. Prosedur Penelitian.....	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
A. Hasil Penelitian	16
B. Pembahasan.....	25

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
A. Kesimpulan	28
B. Saran.....	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Grafik osilasi pada variasi sudut 5°	16
Gambar 4. 2 Grafik osilasi pada variasi sudut 10°	17
Gambar 4. 3 Grafik osilasi pada variasi sudut 15°	17
Gambar 4. 4 Gabungan grafik variasi sudut (5° , 10° , dan 15°).....	17
Gambar 4. 5 Grafik lintasan osilasi variasi sudut 5°	18
Gambar 4. 6 Grafik lintasan osilasi variasi sudut 10°	18
Gambar 4. 7 Grafik lintasan osilasi variasi sudut 15°	18
Gambar 4. 8 Grafik gabungan lintasan osilasi variasi sudut (5° , 10° , dan 15°)....	19
Gambar 4. 9 Grafik ruang fasa variasi sudut 5°	19
Gambar 4. 10 Grafik ruang fasa variasi sudut 10°	19
Gambar 4. 12 Grafik Ruang Fasa Variasi sudut 15°	20
Gambar 4. 13 Grafik Gabungan ruang fasa	20
Gambar 4. 14 Grafik osilasi variasi panjang rentang.....	21
Gambar 4. 15 Grafik osilasi variasi panjang rentang.....	21
Gambar 4. 16 Grafik osilasi variasi panjang rentang.....	21
Gambar 4. 17 Grafik gabungan osilasi variasi rentang.....	22
Gambar 4. 18 Grafik lintasan osilasi variasi panjang	22
Gambar 4. 19 Grafik lintasan osilasi variasi panjang	22
Gambar 4. 20 Grafik lintasan osilasi variasi panjang	23
Gambar 4. 21 Grafik gabungan lintasan osilasi variasi.....	23
Gambar 4. 22 Grafik ruang fasa variasi Panjang	23
Gambar 4. 23 Grafik ruang fasa variasi panjang.....	24
Gambar 4. 24 Grafik ruang fasa variasi panjang.....	24
Gambar 4. 25 Grafik gabungan ruang fasa variasi.....	24

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil analisis periode	16
Tabel 4. 2 Hasil analisis Periode	20

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Pelaksanaan Eksperimen	33
Lampiran 2. Data Analisis Tracker Variasi Sudut 5°	35
Lampiran 3. Data Analisis Tracker Variasi Sudut 10°	42
Lampiran 4. Data Analisis Tracker Variasi Sudut 15°	49
Lampiran 5. Daftar Analisis Tracker Variasi Panjang Rentang Pegas 17 cm	56
Lampiran 6. Data Analisis Tracker Variasi Panjang Rentang Pegas 20 cm	63
Lampiran 7. Data analisis Tracker Variasi Panjang Rentang Pegas 23 cm	70
Lampiran 8. Usulan Tema Skripsi	77
Lampiran 9. Permohonan Izin Penelitian	78
Lampiran 10. Lembar Pembimbingan Skripsi Dosen Pembimbing 1	79
Lampiran 11. Lembar Pembimbingan Skripsi Dosen Pembimbing 2	80

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ilmu fisika adalah cabang ilmu pengetahuan alam yang bertujuan untuk memahami dan menjelaskan berbagai fenomena alam menggunakan konsep, hukum, dan prinsip-prinsip yang telah diuji dan diverifikasi melalui metode ilmiah. Fisika berusaha untuk memahami sifat-sifat dasar alam semesta, mulai dari partikel subatom hingga struktur kosmos yang luas.(Rizaldi, 2020).

Fisika adalah salah satu ilmu pengetahuan yang paling fundamental dan mendasar, yang memberikan dasar bagi pemahaman kita tentang dunia fisik. Hal ini juga memainkan peran penting dalam pengembangan teknologi modern yang memengaruhi hampir setiap aspek kehidupan sehari-hari kita. Menurut (Prahastiwi, 2022) Seiring dengan kemajuan teknologi pada saat ini, banyak perkembangan dalam ilmu fisika yang sudah terjadi. Perkembangan ini berdampak positif dengan mempermudah para praktisi, dan Masyarakat umum dalam memahami Fisika.

Dalam perkembangan zaman, kemajuan bidang teknologi dan Fisika saling berdampingan, banyak teknologi yang dibuat menggunakan konsep fisika untuk mempermudah pekerjaan. Banyak aspek atau bidang kehidupan yang memanfaatkan ilmu fisika yang dikombinasikan dengan teknologi dalam kehidupan sehari-hari, contohnya pada bidang Kesehatan (Fisika citra berupa rontgen, CT scan), bidang industry (Pembuatan Alat berat), Pendidikan (pembuatan alat praktikum digital), dan lain sebagainya.

Fisika citra (Pengolahan Citra Digital) merupakan salah satu contoh bukti perkembangan teknologi didalam bidang fisika. Menurut Wahid dkk.(2020) pengertian dari pengolahan citra digital sendiri adalah cabang ilmu yang berkaitan dengan pemahaman dan penerapan prinsip-prinsip fisika untuk memahami bagaimana citra visual diciptakan, diproses, dan diinterpretasi. Ini berfokus pada pengembangan teori dan teknologi yang

mendasari penciptaan dan analisis citra. Fisika citra memiliki berbagai aplikasi di berbagai bidang, termasuk pengolahan citra medis, grafika komputer, pengenalan pola, alat praktikum dan lain sebagainya.

Pengolahan citra digital salah satu bidang yang sangat penting dalam dunia modern, memungkinkan kita untuk menciptakan, memproses, dan menganalisis gambar atau video yang kita gunakan dalam berbagai aspek kehidupan. Pengolahan citra digital juga dapat dimanfaatkan dalam pemecahan dalam konsep fisika itu sendiri, contohnya adalah aplikasi *tracker*.

Tracker adalah salah satu aplikasi yang memanfaatkan konsep pengolahan citra digital untuk menganalisis sebuah video dari gerak suatu benda. Osilasi pendulum elastis merupakan salah satu contoh gerak yang dapat dianalisis menggunakan aplikasi *tracker*. Dengan pemanfaatan konsep pengolahan citra digital pada aplikasi *tracker* dapat mempermudah kita mendapatkan analisis gerak osilasi pendulum elastis, tanpa harus kesulitan menghitung secara matematis.

Pendulum elastis atau bandul pegas adalah suatu sistem dengan sebuah massa m dihubungkan ke pegas sehingga gerak yang dihasilkan mengandung unsur-unsur pendulum sederhana serta pegas didalamnya. Sistem ini jauh lebih kompleks daripada pendulum sederhana, karena sifat pegas menambah derajat kebebasan ekstra pada sistem.

Orang yang pertama kali mempelajari secara mendalam pendulum elastis adalah Vitt dan Gorelik pada tahun 1933. Dua ilmuwan Rusia ini terinspirasi analogi antara sistem ini dengan resonansi Fermi yang terjadi pada molekul karbon dioksida. Persamaan diferensial yang diperoleh dari gerak pendulum elastis berupa persamaan diferensial nonlinear.

Dalam mencari analisis gerak bandul elastis kebanyakan masih menggunakan cara teori atau perhitungan numerik, hal ini bisa dilakukan akan tetapi membutuhkan proses yang cukup rumit. Dalam perkembangan zaman, kemajuan bidang teknologi dan fisika saling berdampingan, banyak teknologi yang dibuat menggunakan konsep fisika untuk mempermudah pekerjaan. Aplikasi *tracker* merupakan salah satu contoh perkembangan

teknologi dalam bidang fisika yang mampu menyelesaikan permasalahan dalam menganalisis gerak suatu benda dari sebuah video eksperimen.

Dengan aplikasi *tracker* mampu mencari nilai dari parameter pada pendulum elastis, diantaranya periode, lintasan osilasi, dan ruang fasa. Periode adalah banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali osilasi penuh. Lintasan osilasi merupakan jalur atau trayektori yang diikuti oleh objek pada saat melakukan gerakan osilasi. Ruang fasa adalah hubungan antara posisi dan momentum (atau kecepatan) suatu sistem yang sedang mengalami osilasi.

Dari penjelasan yang sudah dijabarkan di atas menjadi alasan yang melatar belakangi penelitian ini dilakukan, dimana penolakan citra digital sebagai salah satu perkembangan teknologi pada bidang fisika digunakan untuk menganalisis gerak pendulum elastis.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka dapat di rumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis parameter gerak pendulum elastis berbantuan pengolah citra digital ?
2. Apakah analisis gerak pendulum elastis dapat dilakukan berbantuan pengolahan citra digital ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan dengan latar belakang dan rumusan masalah yang telah penulis kemukakan, sehingga tujuan apa yang hendak dilakukan dan dicapai oleh penulis dalam penelitian ini, tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil analisis parameter gerak pendulum elastis berbantuan pengolahan citra digital.
2. Mengetahui perbedaan hasil analisis parameter gerak pendulum elastis berbantuan pengolahan citra digital.

3. Berpartisipasi dalam memperkenalkan pengolahan citra digital dalam bidang fisika.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat dalam dua aspek, yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Dapat bermanfaat memberikan pemikiran terhadap ilmu pengetahuan dalam praktikum fisika.
 - b. Dapat memberikan hasil analisis gerak pendulum elastis berbantuan pengolahan citra digital.
2. Manfaat Praktisi
 - a. Bagi Penulis

Diharapkan penulis dapat memperoleh pengalaman serta mampu memberikan pembelajaran yang berkualitas sehingga mudah diterima oleh praktikan.
 - b. Bagi Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas PGRI Semarang

Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi acuan untuk meningkatkan kualitas praktikum di Laboratorium Pendidikan Fisika, dengan memanfaatkan hasil analisis gerak pendulum elastis berbasis pengolahan citra digital.
 - c. Bagi Praktikan

Diharapkan hasil dari penelitian ini praktikan dapat meningkatkan motivasi dan minat dalam praktikum sehingga dapat membantu menguasai materi fisika dengan mudah.

E. Definisi Istilah

Berdasarkan latar belakang, permasalahan, tujuan dan manfaat penelitian, maka uraian definisi istilah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Fisika

Fisika adalah salah satu ilmu pengetahuan yang paling fundamental dan mendasar, yang memberikan dasar bagi pemahaman kita tentang dunia fisik.

2. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan Citra Digital adalah cabang ilmu yang berkaitan dengan pemahaman dan penerapan prinsip-prinsip fisika untuk memahami bagaimana citra visual diciptakan, diproses, dan diinterpretasi.

3. *Tracker*

Tracker adalah sebuah aplikasi/*software* yang digunakan untuk menganalisis gerak dari suatu benda melalui video.

4. Pendulum Elastis

Pendulum elastis adalah adalah suatu sistem osilasi yang terdiri dari massa yang terikat pada pegas elastis dan dapat bergerak bolak-balik.

5. Periode

Periode adalah banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali osilasi penuh.

6. Lintasan Osilasi

Lintasan Osilasi adalah jalur atau trayektori yang diikuti oleh objek pada saat melakukan gerakan osilasi.

7. Ruang Fasa

Ruang Fasa adalah hubungan antara posisi dan momentum (atau kecepatan) suatu sistem yang sedang mengalami osilasi.

BAB II

TELAAH PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR

A. Landasan Teori

1. Pengolahan Citra Digital

Citra digital adalah citra yang dibentuk dari sinyal digital yang bersifat diskrit. Citra digital merupakan representasi dari fungsi intensitas cahaya dalam bentuk diskrit pada bidang dua dimensi. Citra tersusun oleh sekumpulan piksel (*picture element*). Sebuah piksel memiliki koordinat (x,y) dan amplitudo $f(x,y)$. Koordinat (x,y) menunjukkan letak/posisi piksel dalam suatu citra, sedangkan amplitudo $f(x,y)$ menunjukkan nilai intensitas warna citra. Citra digital memiliki informasi warna yang berasal dari intensitas cahaya yang diterima oleh grid sensor cahaya didalam kamera. Hasil tangkapan kamera adalah citra digital dalam format warna RGB (Red, Green, Blue). (Ningtias dkk., 2016)

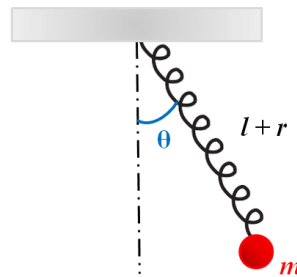
Ratna (2020) menyatakan bahwa setiap piksel pada citra RGB (Red, Green, Blue), memiliki intensitas warna yang merupakan kombinasi dari tiga nilai intensitas pada kanal R, G, dan B. Sehingga setiap piksel mempunyai komponen intensitas IR , IG , IB . Masing-masing intensitas disusun dalam regular grid atau array 2 dimensi. Banyaknya kombinasi warna piksel yang mungkin pada citra RGB truecolor 24-bit adalah sebanyak $256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$. Untuk mendapatkan citra dari suatu objek maka harus dilakukan proses akuisisi citra.

Akuisisi citra merupakan proses menangkap (*capture*) atau memindai (*scan*) suatu citra analog sehingga memperoleh citra digital (Kusumanto & Tompunu, 2011). Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam proses akuisisi citra antara lain adalah: jenis alat akuisisi, resolusi kamera, teknik pencahayaan, perbesaran atau zoom, jarak, dan sudut pengambilan citra. Contoh peralatan akuisisi citra

diantaranya adalah kamera digital, smartphone, USB webcam, scanner, mikroskop digital, Ultrasonografi (USG) (Astro dkk., 2021).

2. Pendulum Elastis

Pendulum elastis atau pendulum pegas adalah suatu sistem dengan sebuah massa m dihubungkan ke pegas sehingga gerak yang dihasilkan mengandung unsur-unsur pendulum sederhana serta pegas. Sistem ini jauh lebih kompleks daripada pendulum sederhana, karena sifat pegas menambah derajat kebebasan ekstra pada sistem. (Wahyuni dkk., 2022; Maianti dkk., 2009; Maianti dkk., 2009)



Gambar 2. 1 Pendulum Elastis

Persamaan gerak untuk pendulum pegas dapat diperoleh dengan persamaan Euler Lagrange yang dirumuskan menurut :

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta} = 0 \quad (2.1)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{r}} \right) - \frac{\partial L}{\partial r} = 0 \quad (2.2)$$

dengan L adalah lagrangian, T adalah total energi kinetik dan V adalah energi potensial total sistem mekanik, maka (T) pada pendulum dirumuskan menurut

$$T = \frac{1}{2} m (\dot{x}^2 + \dot{y}^2) \quad (2.3)$$

Dan V pada bandul pegas dirumuskan menurut

$$V = mgy + \frac{1}{2} kx^2 \quad (2.4)$$

Sehingga Lagrangian dapat ditulis menurut

$$L = T - V \quad (2.5)$$

$$L = \frac{1}{2}m(\dot{x}^2 + \dot{y}^2) - mgy + \frac{1}{2}kx^2 \quad (2.6)$$

Sementara transformasi dari θ dan u ke kordinat kartesian adalah

$$x = (l + x) \sin \theta \quad (2.7)$$

$$y = -(l + x) \cos \theta \quad (2.8)$$

Dengan demikian, Lagrangian dalam suku diatas dapat ditransformasikan ke dalam koordinat umum θ dan u dirumuskan menurut persamaan berikut

$$m(l + x)\ddot{\theta} = -mg \sin \theta - 2m\dot{x}\dot{\theta} \quad (2.9)$$

$$m\ddot{x} = m(l + x)\dot{\theta}^2 + mg \cos \theta - kx \quad (2.10)$$

3. Parameter Gerak Pendulum Elastis

Dalam gerak pendulum elastis kita dapat mengukur atau mencari beberapa parameter diantaranya posisi bandul, amplitudo, periode, frekuensi lintasan osilasi, ruangan fasa. Menurut (Acu dkk., 2018) dalam mencari posisi bandul kita harus mengetahui terlebih dahulu bagaimana persamaan gerak dari pendulum elastis. Untuk mencari persamaan geraknya sendiri kita dapat menggunakan metode euler lagrange :

$$L = T - V \quad (2.11)$$

dengan L adalah lagrangian, T adalah total energi kinetik dan V adalah energi potensial total sistem mekanik.

Selanjutnya amplitudo pada pendulum elastis adalah simpangan terjauh yang diukur dari titik kesetimbangan pada getaran. Bandul dianggap melakukan satu getaran penuh apabila bergerak melewati titik A-B-C-B-A. Gerakan yang hanya melewati titik A-B-C dianggap baru $\frac{1}{2}$ getaran. Sedangkan Simpangan terjauh pada bandul adalah titik A sampai titik C. (Rahmatullah dkk., 2020)

Parameter selanjutnya adalah periode, Periode adalah banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali osilasi penuh.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (2.11)$$

Dengan T adalah Periode, m adalah masa, dan k adalah konstanta pegas. Frekuensi adalah banyaknya osilasi yang terjadi tiap satu detik.

$$f = \frac{t}{n} \quad (2.12)$$

Dengan T adalah Periode, t adalah waktu, dan n adalah banyaknya getaran/osilas.

Ruang fasa osilasi adalah yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara posisi dan momentum (atau kecepatan) suatu sistem yang sedang mengalami osilasi. Menurut Rafid & Gani (2022) ruang fasa adalah alat penting dalam menganalisis dan memvisualisasikan dinamika sistem osilator. Untuk osilasi harmonis sederhana, ruang fasa biasanya terdiri dari dua sumbu yaitu sumbu horizontal mewakili posisi benda (misalnya, posisi linear atau sudut rotasi), dan sumbu vertikal mewakili momentum atau kecepatan benda pada posisi tersebut. Setiap titik dalam ruang fasa mewakili satu keadaan yang mungkin dari sistem pada waktu tertentu.

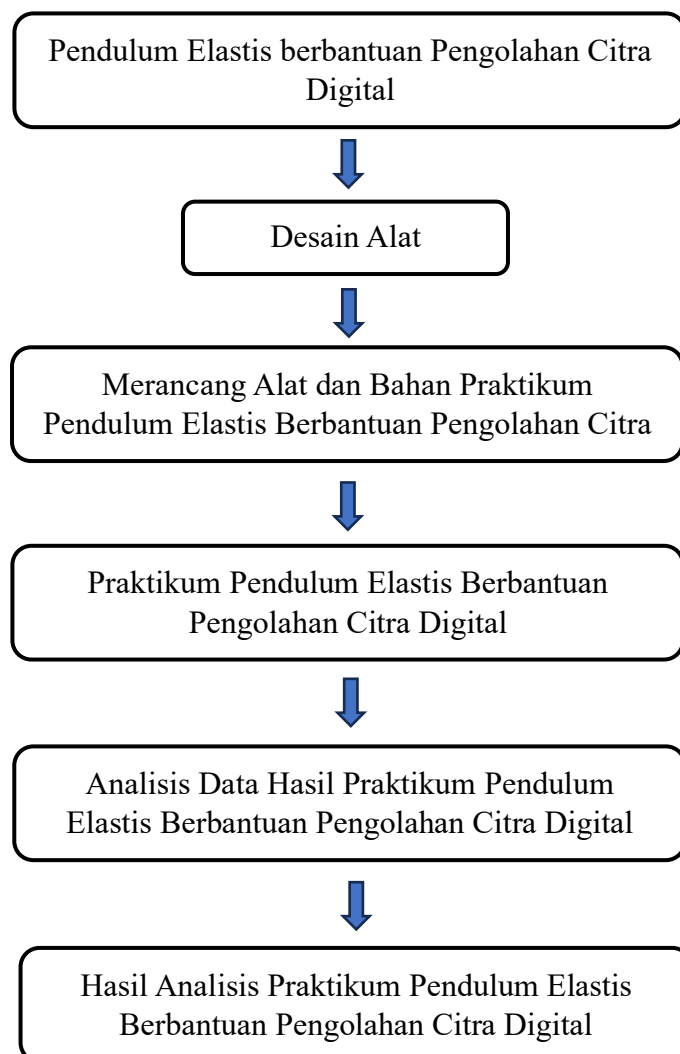
Dalam osilasi harmonis sederhana Pendulum elastis, posisi dapat diwakili oleh sumbu horizontal (misalnya, perpanjangan pegas) dan momentum oleh sumbu vertikal (misalnya, kecepatan massa). Garis atau kurva yang digambarkan oleh lintasan dalam ruang fasa akan mencerminkan perubahan posisi dan momentum seiring waktu, menggambarkan evolusi dinamika sistem osilator. Analisis ruang fasa osilasi memungkinkan kita untuk memahami sifat-sifat penting dari sistem osilator, seperti amplitudo, frekuensi, energi, dan resonansi. (Yohanes dkk., 2020)

Parameter yang terakhir adalah lintasan osilasi, lintasan osilasi merupakan jalur atau trayektori yang diikuti oleh objek pada saat melakukan gerakan osilasi. Pendulum elastis adalah sistem osilasi yang terdiri dari massa yang terikat pada pegas dan dapat bergerak bolak-balik sebagai respons terhadap gaya restoratif yang diberikan oleh pegas

tersebut. Lintasan osilasi pada pendulum elastis menggambarkan jalur yang ditempuh oleh massa saat bergerak dalam gerakan osilasi. Lintasan ini dapat dianalisis menggunakan konsep ruang fasa. (Rafid & Gani, 2022)

Pada pendulum elastis dengan massa m dan pegas dengan konstanta pegas k , lintasan osilasi akan bergantung pada posisi awal dan kecepatan awal massa. Ruang fasa untuk pendulum elastis akan terdiri dari sumbu horizontal yang mewakili posisi massa dan sumbu vertikal yang mewakili momentum atau kecepatan massa.

B. Kerangka Berpikir



C. Hipotesis

Hipotesis merupakan suatu pernyataan sementara dari suatu masalah yang masih lemah atau masih kurang kebenarannya sehingga masih perlu diuji atau dibuktikan (Yuliawan, 2021). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hasil analisis gerak pendulum elastis berbasis pengolahan citra digital. Berikut rumusan hipotesis dari penelitian ini :

H₀ : Tidak ada perbedaan analisis terhadap parameter gerak pendulum elastis berbantuan pengolahan citra digital.

H₁ : Ada perbedaan analisis terhadap parameter gerak pendulum elastis berbantuan pengolahan citra digital.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu

1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Gedung Utama lantai 2 Laboratorium Fisika Dasar Pendidikan Fisika Universitas PGRI Semarang. Peneliti memilih lokasi tersebut karena Laboratorium Fisika Dasar Universitas PGRI Semarang memiliki kelengkapan fasilitas yang memadai untuk mendukung peneliti dalam melakukan penelitian.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dalam jangka waktu 7 bulan, mulai dari tanggal 14 September 2024 sampai dengan 22 April 2024.

B. Alat dan Bahan yang Digunakan

1. Alat

Peralatan yang digunakan peneliti dalam melaksanakan penelitian adalah:

- a. Perekam video (satu buah *Smartphone*)
- b. Dua buah tripod
- c. *Tracker* sebagai software pengolahan citra digital
- d. *Microsoft excel*
- e. Penggaris besi dengan panjang 100 cm.
- f. Penggaris busur

2. Bahan

Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah :

- a. Satu buah bandul dengan massa 150 gram.
- b. Pegas massa
- c. Tiang sebagai penggantung

C. Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan suatu atribut, nilai/sifat dari objek, individu/kegiatan yang mempunyai banyak variasi tertentu antara satu dan lainnya yang telah ditentukan oleh peneliti untuk dipelajari dan dicari informasinya serta ditarik kesimpulannya (Farisca Agustina., 2023). Penelitian eksperimen memiliki 3 variabel yaitu variabel bebas (independent), variabel terikat (dependent) dan variabel kontrol. Variabel independent adalah perlakuan (treatment).

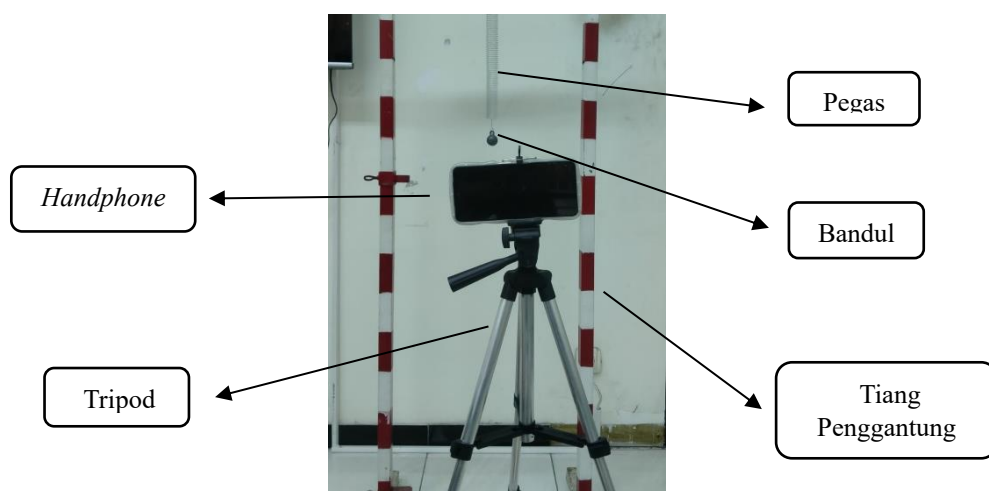
Berikut adalah 3 variabel yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini :

1. Variabel Bebas : Sudut osilasi, panjang rentang pegas
2. Variabel Terikat : Posisi bandul, periode, lintasan, ruang fasa
3. Variabel Kontrol : Jarak kamera dengan bandul, konstanta pegas

D. Desain Eksperimen

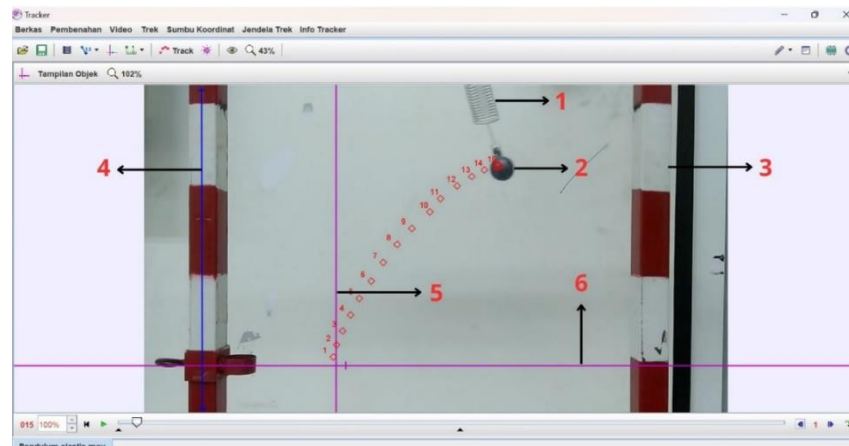
Desain eksperimen pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu desain pada saat pengambilan data dan desain pengolahan data menggunakan *software tracker*.

1. Desain Pengambilan Data Eksperimen



Gambar 2. 2 Pengambilan Data Eksperimen

2. Desain Pengolahan Data *Software Tracker*



Gambar 2. 3 Pengolahan Data *Software Tracker*

Gambar 2.3 memperlihatkan *software tracker* yang digunakan untuk mengolah data. Pada nomor 1 menunjukkan pegas, nomor 2 menunjukkan bandul, nomor 3 menunjukkan tiang sebagai penggantung, nomor 4 adalah tools kalibrasi ukuran pada kamera dengan keadaan aslinya, yang terakhir nomor 5 menunjukkan sumbu x dan y.

E. Prosedur Penelitian

Prosedur pada eksperimen ini cukup mudah dilakukan karena menggunakan bantuan *software tracker* dalam menentukan data yang dicari. Berikut adalah langkah-langkah atau prosedur eksperimen yang dilakukan:

1. Langkah pertama siapkan alat dan bahan yang digunakan untuk eksperimrn.
2. Selanjutnya pasang/gantungkan pegas pada tiang penggantung.
3. Setelah itu pasang atau gantungkan pendulum dengan massa 150 gram pada pegas.
4. Pasang handphone pada tripod, atur jarak antar camera dengan bandul sejauh 100 cm, atur tinggi tripod 111 cm. Lakukan pengukuran ini dengan bantuan penggaris.
5. Selanjutnya nyalakan handphone, buka menu camera lalu pilih video, posisikan camera kearah bandul, lalu mulai rekam.

6. Tarik pegas sesuai dengan Panjang variasi yang ditentukan (17 cm, 20 cm, 23 cm), simpangkan bandul sesuai dengan sudut variasi yang sudah ditentukan (5° , 10° , 15°), lalu lepas bandul agar berosilasi.
7. Tunggu pendulum berosilasi sekitar 20 detik, lalu matikan perekam video pada handphone.
8. Setelah itu video percobaan yang sudah dilakukan yang sudah dianalisis gerakannya menggunakan *Software tracker*.
9. Terakhir kita akan mendapatkan data gerak pendulum elastis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

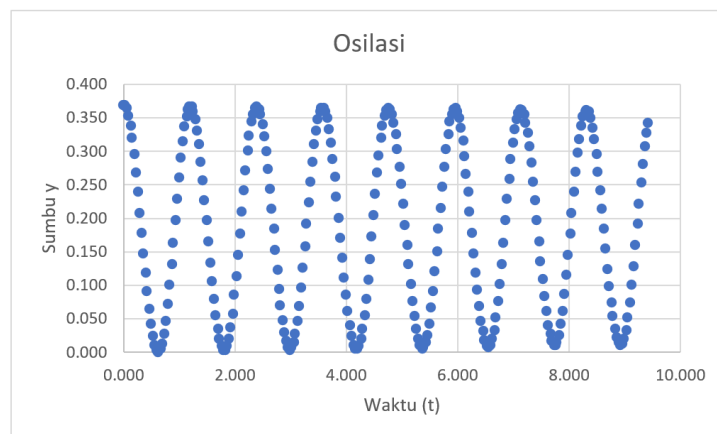
A. Hasil Penelitian

Penelitian yang dilakukan ditujukan untuk menganalisis beberapa parameter terhadap gerak pendulum elastis berbantuan pengolahan citra digital berupa *Software tracker*. Beberapa parameter tersebut adalah periode, lintasan, dan ruang fasa. Pada penelitian ini terdapat dua perbedaan perlakuan, perlakuan pertama percobaan dilakukan dengan memvariasi sudut osilasi yaitu 5° , 10° , dan 15° . Perlakuan kedua percobaan dilakukan dengan memvariasi panjang rentang pegas yaitu 17 cm, 20 cm dan 23 cm. Dari penelitian yang sudah dilakukan didapatkan data sebagai berikut :

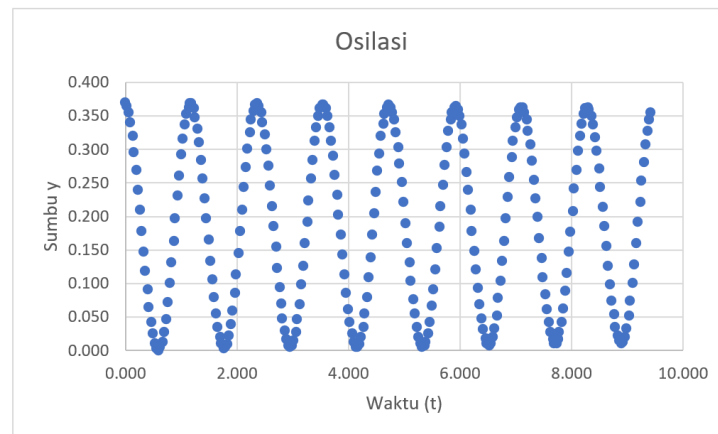
1. Data periode pada variasi sudut (5° , 10° , dan 15°) dengan rentang panjang pegas konstan 17 cm

Tabel 4. 1 Hasil analisis periode

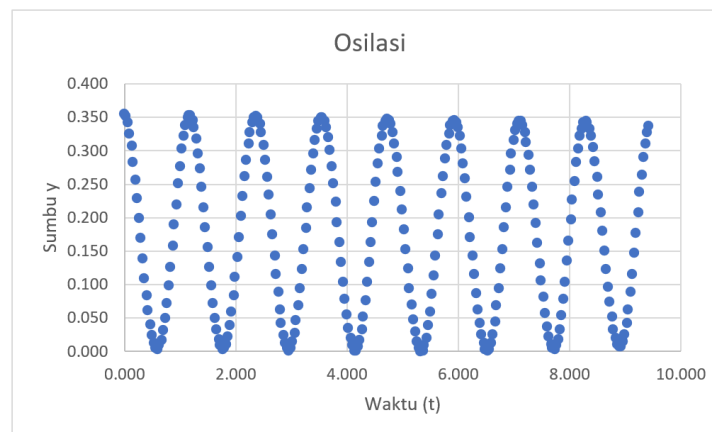
Variasi Sudut	Periode
5°	1,233 s
10°	1,200 s
15°	1,200 s



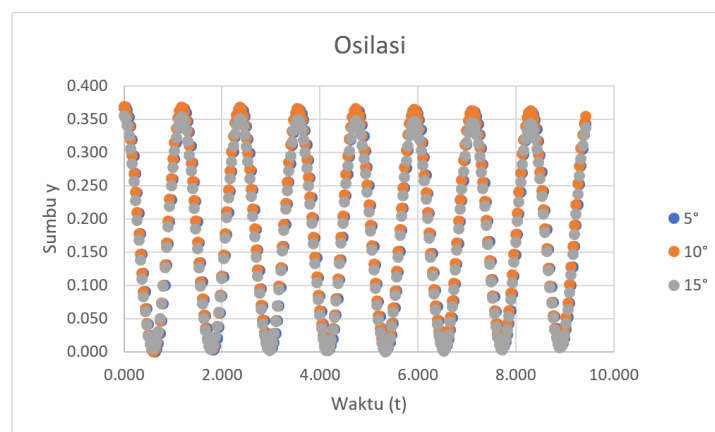
Gambar 4. 1 Grafik osilasi pada variasi sudut 5°



Gambar 4. 2 Grafik osilasi pada variasi sudut 10°

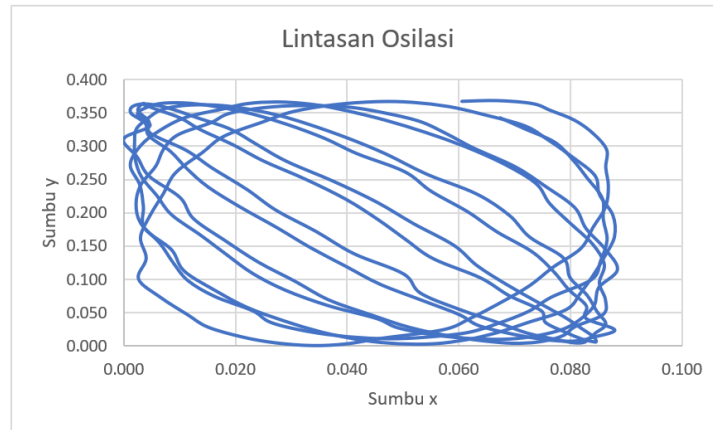


Gambar 4. 3 Grafik osilasi pada variasi sudut 15°

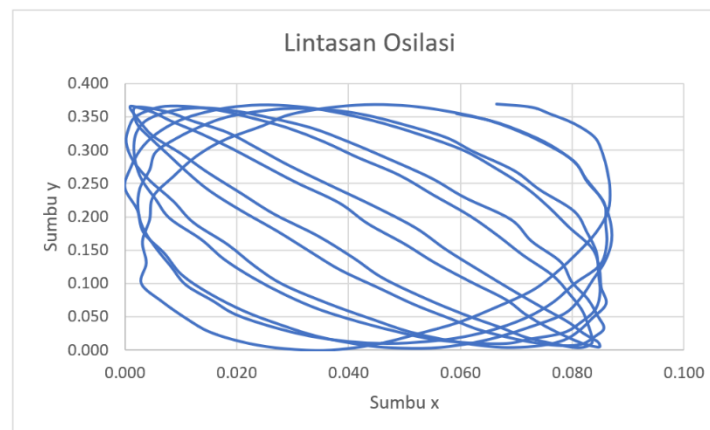


Gambar 4. 4 Gabungan grafik variasi sudut (5° , 10° , dan 15°)

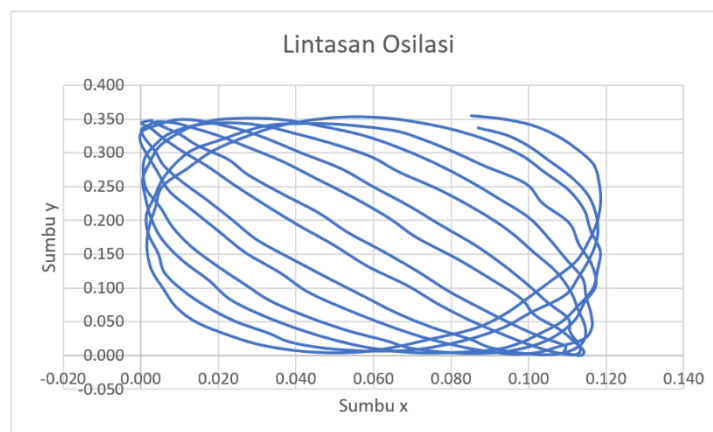
2. Grafik lintasan osilasi variasi sudut (5° , 10° , dan 15°) dengan rentang panjang pegas konstan 17 cm



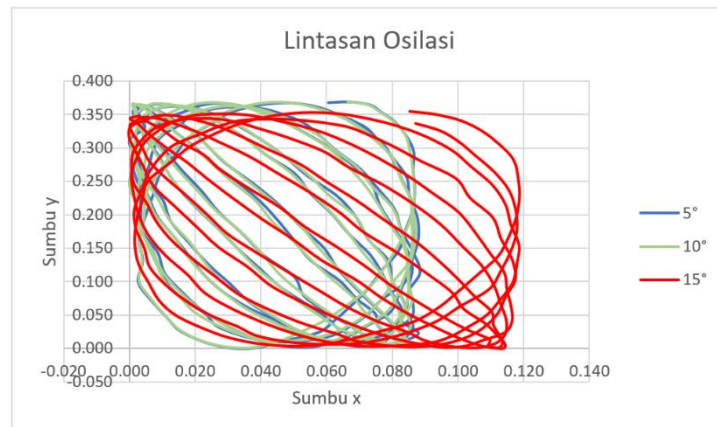
Gambar 4. 5 Grafik lintasan osilasi variasi sudut 5°



Gambar 4. 6 Grafik lintasan osilasi variasi sudut 10°

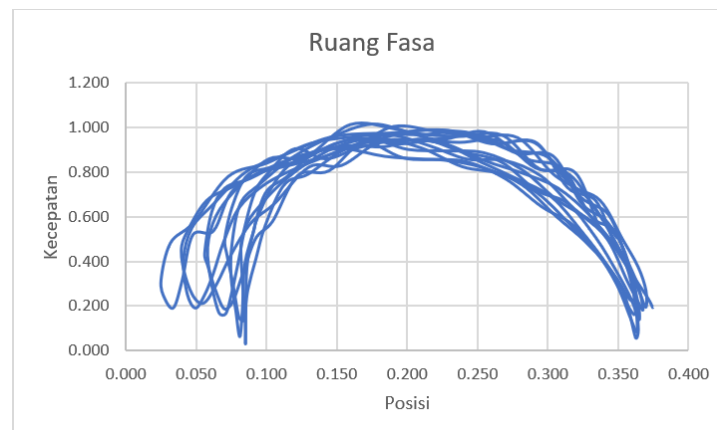


Gambar 4. 7 Grafik lintasan osilasi variasi sudut 15°

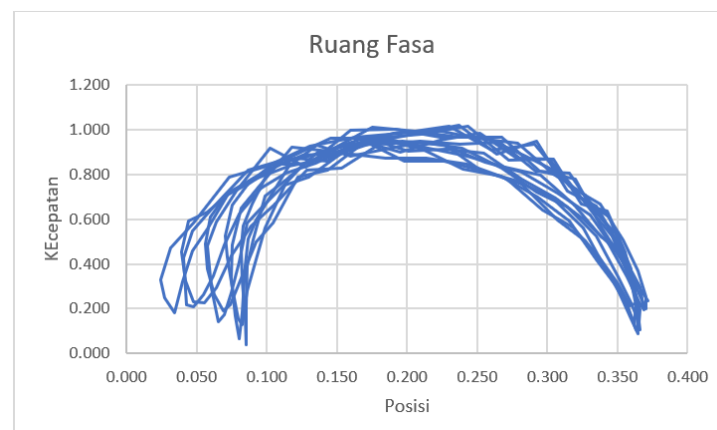


Gambar 4. 8 Grafik gabungan lintasan osilasi variasi sudut (5° , 10° , dan 15°)

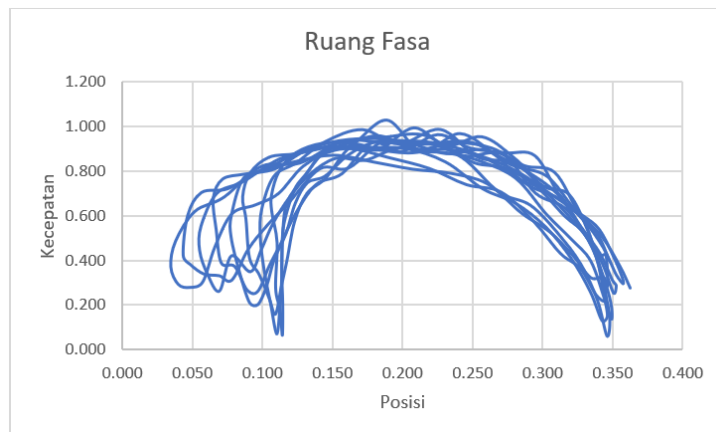
3. Grafik ruang fasa variasi sudut (5° , 10° , dan 15°) dengan rentang panjang pegas konstan 17 cm



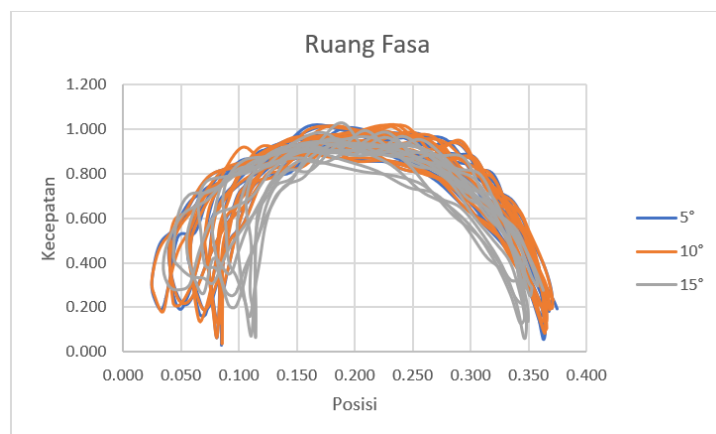
Gambar 4. 9 Grafik ruang fasa variasi sudut 5°



Gambar 4. 11 Grafik ruang fasa variasi sudut 10°



Gambar 4. 12 Grafik Ruang Fasa Variasi sudut 15°

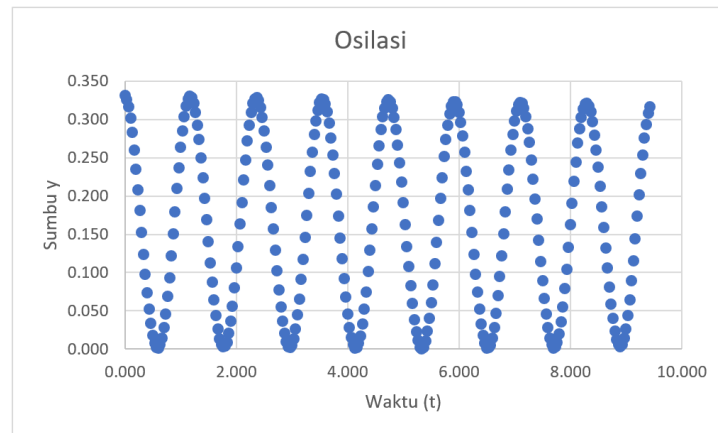


Gambar 4. 13 Grafik Gabungan ruang fasa variasi sudut (5° , 10° , dan 15°)

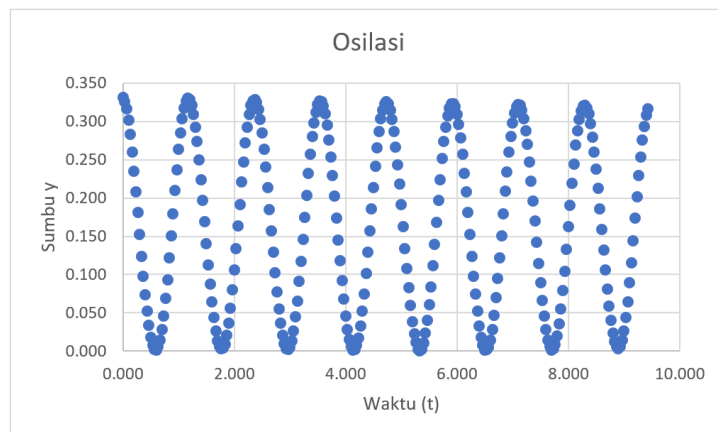
4. Data osilasi variasi Panjang rentang pegas (17 cm, 20 cm, 23 cm) dengan sudut konstan 5°

Tabel 4. 2 Hasil Analisis Periode

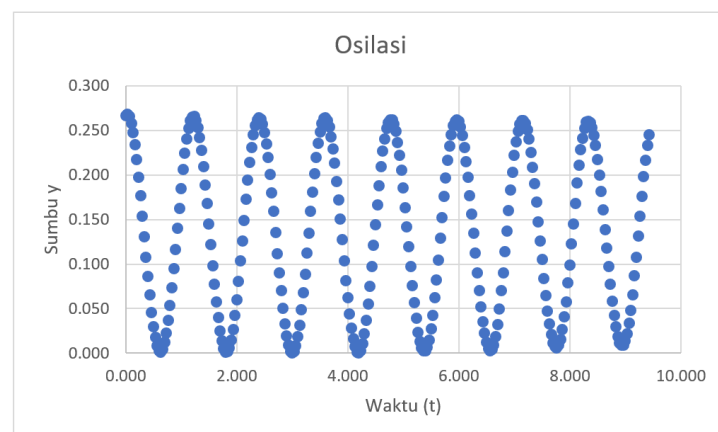
Variasi Panjang Rentang Pegas	Periode
17 cm	1,200 s
20 cm	1,200 s
23 cm	1,200 s



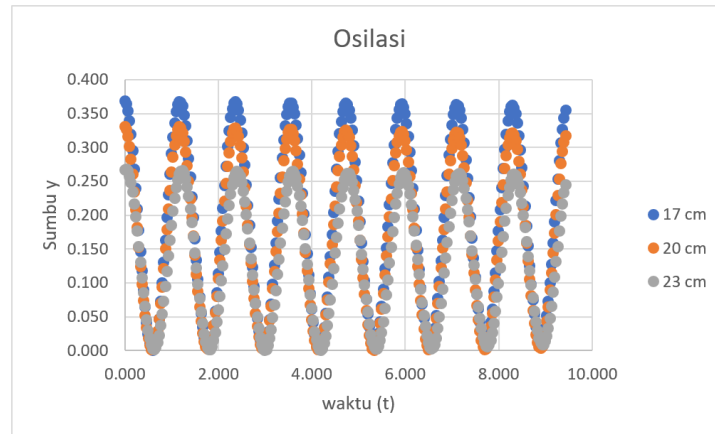
Gambar 4. 14 Grafik osilasi variasi panjang rentang pegas 17 cm



Gambar 4. 15 Grafik osilasi variasi panjang rentang pegas 20 cm

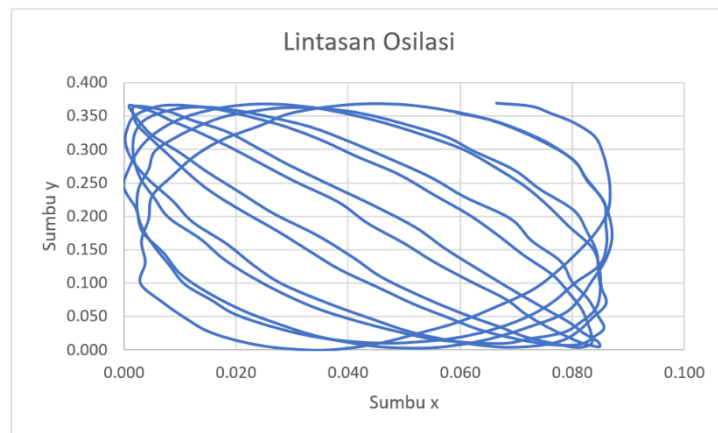


Gambar 4. 16 Grafik osilasi variasi panjang rentang pegas 23 cm

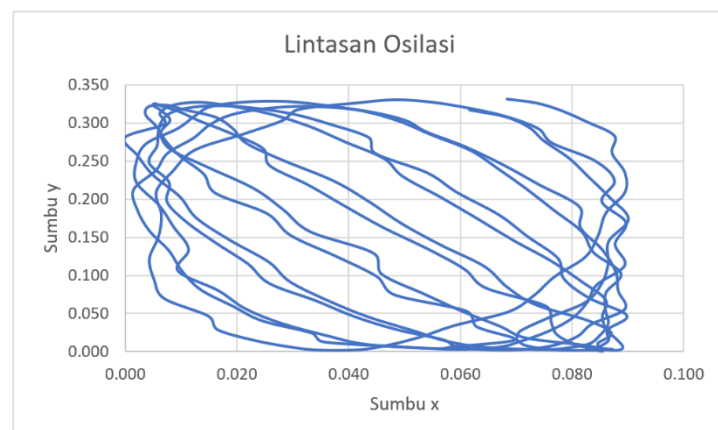


Gambar 4. 17 Grafik gabungan osilasi variasi rentang pegas (17 cm, 20 cm, 23 cm)

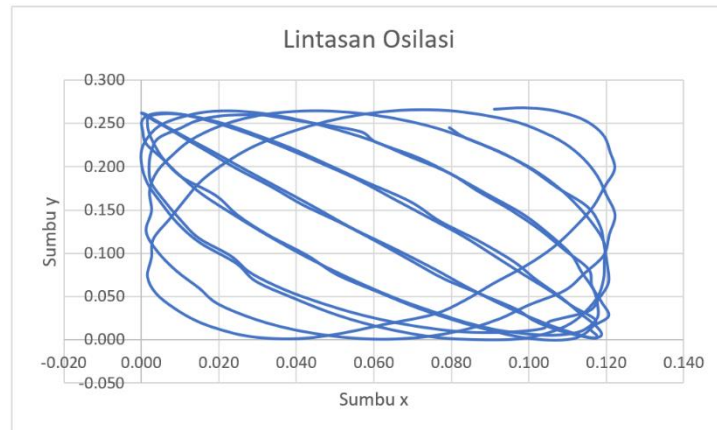
5. Lintasan osilasi variasi panjang rentang pegas (17 cm, 20 cm, 23 cm) dengan sudut konstan 5°



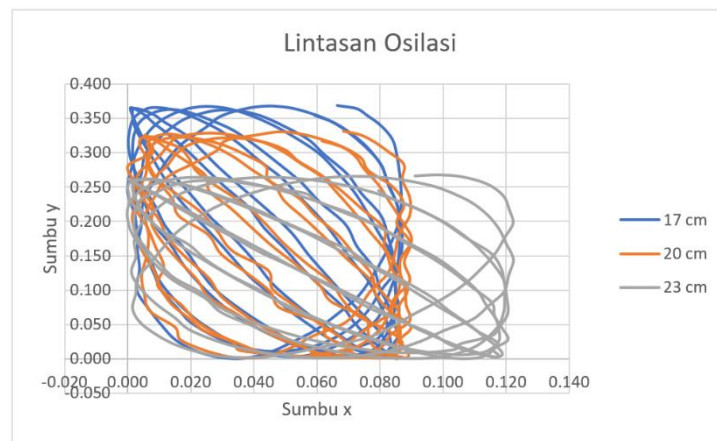
Gambar 4. 18 Grafik lintasan osilasi variasi panjang rentang pegas 17 cm



Gambar 4. 19 Grafik lintasan osilasi variasi panjang rentang pegas 20 cm

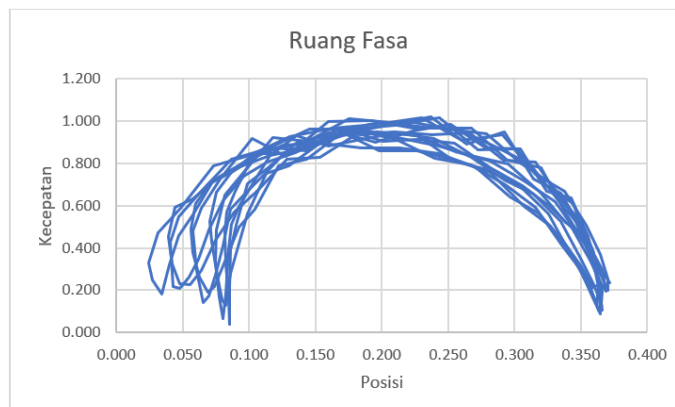


Gambar 4. 20 Grafik lintasan osilasi variasi panjang rentang pegas 23 cm

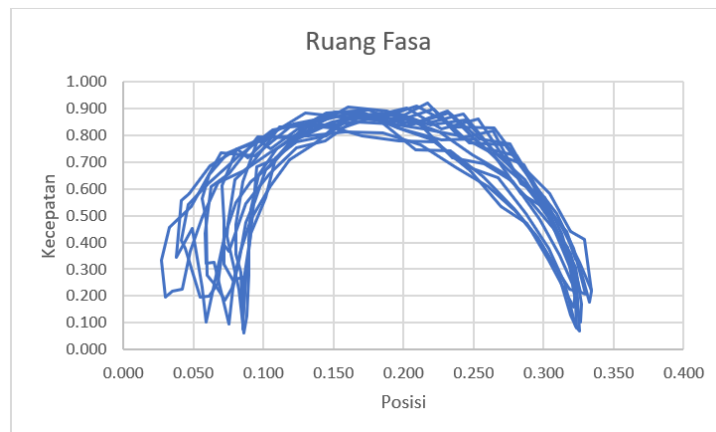


Gambar 4. 21 Grafik gabungan lintasan osilasi variasi panjang rentang pegas (17 cm,20 cm, 23 cm)

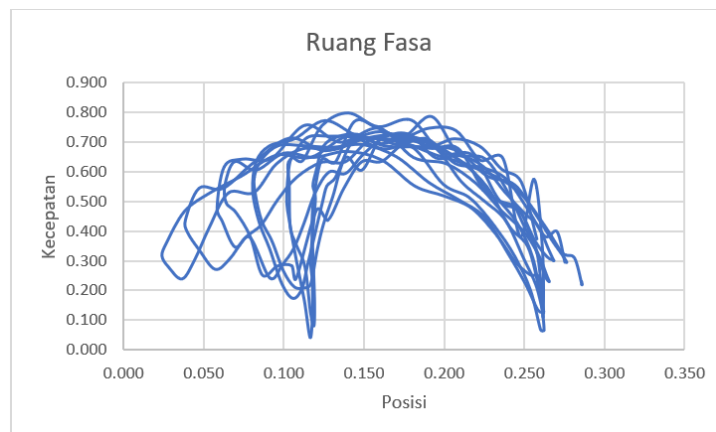
6. Hasil data ruang fasa variasi panjang rentang pegas variasi (17 cm, 20 cm, 23 cm) dengan sudut konstan 5°



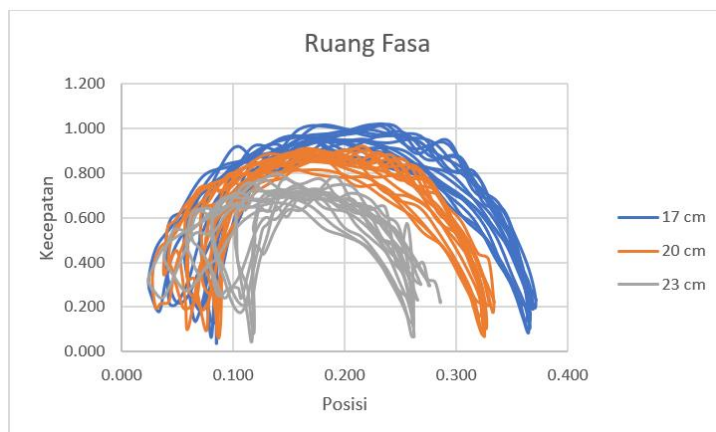
Gambar 4. 22 Grafik ruang fasa variasi Panjang rentang pegas 17 cm



Gambar 4. 23 Grafik ruang fasa variasi panjang rentang pegas 20 cm



Gambar 4. 24 Grafik ruang fasa variasi panjang rentang pegas 23 cm



Gambar 4. 25 Grafik gabungan ruang fasa variasi panjang rentang pegas (17 cm, 20 cm, 23 cm)

B. Pembahasan

Pada percobaan ini dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap variasi, yang pertama variasi terhadap sudut simpangan osilasi sebesar 5° , 10° dan 15° , dengan Panjang rentang pegas konstan 17 cm. Variasi kedua terhadap pegas yang sama akan tetapi rentangan pegas dibuat berbeda yaitu 17 cm, 20 cm, dan 23 cm dengan sudut simpangan awal konstan 5° . Massa yang digunakan tetap/sama disetiap percobaan, yaitu 150 gram. Tinggi kamera 110 cm, dan jarak kamera dengan bandul 100 cm. Alat untuk merekam bandul elastis menggunakan handphone Oppo A5 2020 dengan resolusi kamera 13 MP. Setelah mendapatkan video percobaan, mengolah datanya menggunakan software tracker. Pada software ini mampu menganalisis posisi benda pada sumbu kartesius x dan y setiap saat. Selain itu didalam software tracker terdapat tools kalibrasi yang mampu menyesuaikan ukuran pada video dengan ukuran aslinya. Setelah mendapatkan data dari tracker berupa posisi benda pada sumbu kartesius x dan y beserta waktu, lalu memvisualisasi data yang didapat berupa grafik menggunakan bantuan *Microsoft excel*.

Parameter yang dicari dari penelitian ini ada tiga yaitu periode, lintasan osilasi, dan ruang fasa dari pendulum elastis.

1. Periode Osilasi

Pada table 4.1 serta gambar 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4 adalah grafik osilasi yang menunjukkan parameter periode dengan variasi sudut simpangan awal 5° , 10° dan 15° , dari data tersebut terlihat bahwa nilai periode dari masing-masing osilasi relatif sama. yaitu 1,233 s variasi sudut 5° , kemudian 1,200 s variasi sudut 10° , dan 1,200 s pada variasi 15° . Ini menunjukkan bahwa sudut simpangan awal yang menggunakan sudut kecil tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai periode. Hal ini dapat terjadi karena pada sudut kecil tergolong dalam getaran harmonik sederhana.(Rafid & Gani, 2022)(Jiang dkk., 2020) Selain itu dengan menggunakan sudut kecil kamera yang digunakan tidak mampu mendeteksi perbedaan waktu yang terjadi pada saat osilasi. Menurut simpangan awal akan berpengaruh terhadap periode jika nilainya relatif

besar. Pada table 4.2 serta gambar 4.14, 4.15, 4.16, dan 4.17 adalah grafik osilasi yang menunjukkan parameter periode dengan variasi panjang rentang pegas. Dari data tersebut dapat dilihat nilai periode dari masing-masing osilasi sama yaitu 1,200 s. Kondisi ini menunjukkan bahwa Panjang rentang tali yang dibuat berbeda tidak berpengaruh terhadap nilai periode. Ini dapat terjadi karena pegas yang digunakan dalam percobaan sama atau konstan.

2. Lintasan Osilasi

Parameter kedua adalah lintasan osilasi yang menunjukkan posisi bandul pada sumbu kartesius x dan y saat berosilasi. Gambar 4.5, 4.6, 4.7 dan 4.8 merupakan grafik yang memvisualisasikan lintasan osilasi dengan variasi sudut simpangan awal 5° , 10° dan 15° . Pada gambar 4.8 menunjukkan bahwa semakin besar sudut simpangan awal osilasi maka lintasan osilasinya akan semakin berpola membentuk garis-garis elips yang lebih terstruktur. (Rahmatullah dkk., 2020)(Jiang dkk., 2020) Selain itu dari grafik 4.8 terlihat bahwa semakin besar sudut simpangan awal semakin panjang juga lintasan osilasinya. Pada gambar 4.18, 4.19, 4.20, 4.21 merupakan grafik yang memvisualisasikan lintasan osilasi dengan variasi Panjang rentang pegas 17 cm, 20 cm, dan 23 cm. Pada gambar 4.21 menunjukkan bentuk lintasan osilasi yang berbeda beda atau tidak berpola. Dimana pada lintasan osilasi Panjang rentang pegas 17 cm yang membentuk garis elips terlihat sedikit terstruktur, pada Panjang rentang pegas 20 cm garis elips tidak terlalu terstruktur, sedangkan pada Panjang rentang pegas 23 cm garis elips terlihat paling terstruktur dibanding keduanya. Selain itu pada gambar 4.21 menunjukkan bahwa lintasan osilasi memiliki Panjang yang berbeda beda.

3. Ruang Fasa

Parameter yang terakhir adalah ruang fasa pendulum elastis, gambar 4.9, 4.10, 4.12, 4.13 merupakan grafik yang memvisualisasikan ruang fasa pendulum elastis dengan variasi sudut simpangan awal sebesar 5° , 10° dan 15° . Pada gambar grafik 4.13 menunjukkan bentuk ruang fasa yang

relatif sama antara ketiga percobaan berbeda.. Gambar 4.13 juga menunjukkan posisi dan momentum/kecepatan pada sumbu y dari ketiga grafik relatif sama. Sedangkan pada gambar 4.22, 4.23, 4.24, dan 4.25 merupakan grafik yang memvisualisasikan ruang fasa dengan variasi Panjang rentang pegas 17 cm, 20 cm dan 23 cm. Pada gambar 4.25 menunjukkan ruang fasa yang berbeda beda dari setiap percobaan pendulum elastis. Kondidi ini dapat diartikan semakin Panjang rentang pegas dari pendulum maka ruang fasa yang diciptakan akan semakin kecil. Selain itu semakin Panjang rentang pegas dari pendulum maka nilai momentum/kecepatannya akan semakin kecil. Ini menunjukkan bahwa Panjang rentang pegas berbanding terbalik dengan momentum/kecepatan posisi (Baleanu dkk., 2018; Meng & Yong, 2022; Nenuwe, 2019).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan hasil parameter penelitian, diketahui periode pendulum elastis pada variasi simpangan awal menggunakan sudut kecil nilainya relatif sama. Hal ini menunjukkan bahwa simpangan awal menggunakan sudut kecil tidak berpengaruh terhadap periode pendulum elastis. Kondisi ini sama halnya pada variasi panjang rentang pegas yang tidak berpengaruh terhadap nilai periode pendulum elastis. Pada lintasan osilasi, semakin besar sudut simpangan awal maka garis lintasan akan membentuk elips yang lebih terstruktur serta semakin Panjang juga lintasannya. Sedangkan pada variasi Panjang rentang pegas menunjukkan pola lintasan yang tidak konsisten di setiap percobaannya. Dari hasil analisis diketahui juga bahwa ruang fasa pendulum elastis dengan variasi sudut simpangan awal menunjukkan bentuk dan polanya yang relatif sama, hal ini menunjukkan bahwa sudut simpangan awal tidak terlalu berpengaruh terhadap ruang fasa. Sebaliknya pada variasi Panjang rentang pegas menunjukkan pengaruhnya terhadap ruang fasa pendulum elastis, semakin Panjang rentang pegas bandul maka semakin kecil juga ruang fasa yang diciptakan. Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat dibuktikan bahwa pengolahan citra digital menggunakan software tracker mampu mempermudah menganalisis gerak pendulum elastis.

B. Saran

Saran untuk penelitian lebih lanjut untuk menggunakan alat perekam yang lebih baik dan mampu digunakan merekam benda-benda dengan gerakan cepat. Dalam melakukan pengambilan data berupa video harus presisi dan teliti agar hasil yang didapatkan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Acu, Y., Lapanporo, B. P., & Kushadiwijayanto, A. A. (2018). Model Sederhana Gerak Osilator dengan Massa Berubah Terhadap Waktu Menggunakan Metode Runge Kutta. *POSITRON*, 7(2), 42. <https://doi.org/10.26418/positron.v7i2.23276>
- Astro, R. B., Doa, H., Denny, K., & Meke, P. (2021). *PENGEMBANGAN PETUNJUK PRAKTIKUM GAYA GESEK DI BIDANG MIRING BERBASIS VIDEO TRACKING UNTUK MENINGKATKAN MINAT MAHASISWA*. 7(2).
- Baleanu, D., Asad, J. H., & Jajarmi, A. (2018). THE FRACTIONAL MODEL OF SPRING PENDULUM: NEW FEATURES WITHIN DIFFERENT KERNELS. Dalam *PROCEEDINGS OF THE ROMANIAN ACADEMY, Series A, OF THE ROMANIAN ACADEMY* (Vol. 19, Nomor 3).
- de Sousa, M. C., Marcus, F. A., Caldas, I. L., & Viana, R. L. (2017). *Energy Distribution in Intrinsically Coupled Systems: The Spring Pendulum Paradigm*. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.06.089>
- Fakultas, S. R., Informasi, T., Islam, U., Muhammad, K., & Al Banjari, A. (2020). PENGOLAHAN CITRA DIGITAL DAN HISTOGRAM DENGAN PHYTON DAN TEXT EDITOR PHYCHARM. Dalam *Technologia* (Vol. 11, Nomor 3).
- Farisca Agustina, N., & Rahayu Ningsih, P. (t.t.). Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Based Learning pada Materi Struktur Kontrol Percabangan Kelas X di SMK Nurul Amanah. Dalam *Journal of Education and Informatics Research* (Vol. 1, Nomor 1).
- Jiang, W., Han, X., Chen, L., & Bi, Q. (2020). Improving energy harvesting by internal resonance in a spring-pendulum system. *Acta Mechanica Sinica/Lixue Xuebao*, 36(3), 618–623. <https://doi.org/10.1007/s10409-020-00945-4>
- Kusumanto, R. D., & Tompunu, A. N. (2011). PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK MENDETEKSI OBYEK MENGGUNAKAN PENGOLAHAN WARNA MODEL NORMALISASI RGB. Dalam *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan*.

- Maianti, M., Pagliara, S., Galimberti, G., & Parmigiani, F. (2009). Mechanics of two pendulums coupled by a stressed spring. *American Journal of Physics*, 77(9), 834–838. <https://doi.org/10.1119/1.3147211>
- Meng, Y., & Yong, M. (2022). *Motion analysis of magnetic spring pendulum*. *Motion analysis of magnetic spring pendulum* *. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1823532/v1>
- Nenuwe, N. O. (2019). Application of Lagrange equations to 2D double spring-pendulum in generalized coordinates. *Ruhuna Journal of Science*, 10(2), 120. <https://doi.org/10.4038/rjs.v10i2.78>
- Ningtias, D. R., Suryono, S., & Susilo, S. (2016). PENGUKURAN KUALITAS CITRA DIGITAL COMPUTED RADIOGRAPHY MENGGUNAKAN PROGRAM PENGOLAH CITRA. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 12(2), 161–168. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v12i2.5950>
- Pengabdian, J., Masyarakat, K., & Yuliawan, K. (2021). *PELATIHAN SMARTPLS 3.0 UNTUK PENGUJIAN HIPOTESIS PENELITIAN KUANTITATIF*.
- J., Wahid, M. A., Tiara, E., Riantin, I. R., & Dan Hamdan, A. M. (2020). Penggunaan metode analisis citra untuk menganalisa gerak harmonik sederhana pada pegas dan bandul. Dalam *Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan* (Vol. 1, Nomor 2).
- Prahastiwi, R. B., & Pd, M. (t.t.). *MODUL PEMBELAJARAN FISIKA BERBASIS MULTIREPRESENTASI (FISIKA DASAR BAGIAN MEKANIKA KLASIK) UNTUK PERGURUAN TINGGI PENERBIT CV/EUREKA MEDIA AKSARA*.
- Rafid, A., & Gani, F. (t.t.). *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) HUBUNGAN ANTARA VARIASI SUDUT DENGAN NILAI PERIODE PADA BANDUL MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER ARDUINO*.
- Rahmatullah, S., Arman, Y., Prodi Fisika FMIPA Universitas Tanjungpura, A., Hadari Nawawi Pontianak Prodi Ilmu Kelautan FMIPA Universitas Tanjungpura, J., & Hadari Nawawi Pontianak, J. (2020). *Simulasi Gerak Osilasi Model Pegas Bergandeng Menggunakan Metode Runge-Kutta*. 8(3), 180–184.

- Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin, J. (2020). PhET: SIMULASI INTERAKTIF DALAM PROSES PEMBELAJARAN FISIKA. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 10–14. <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i1.103>
- Wahyuni, S., Irawati, E., & Saefan, D. J. (t.t.). *Prosiding Seminar Nasional Lontar Physics Forum VI 2022 ISSN*.
- Yohanes, S., Toda, G., Yuliana, M., Tati, M., Bhoga, Y. C., & Astro, R. B. (2020). *PENENTUAN PERCEPATAN GRAVITASI MENGGUNAKAN KONSEP GERAK JATUH BEBAS* (Vol. 4, Nomor 1).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Pelaksanaan Eksperimen





Lampiran 2. Data Analisis *Tracker* Variasi Sudut 5°

t	x	y	vx	vy	v	r
0.000	0.061	0.367				
0.033	0.067	0.368	0.191	0.033	0.194	0.374
0.067	0.073	0.364	0.190	-0.138	0.235	0.371
0.100	0.077	0.353	0.097	-0.312	0.327	0.362
0.133	0.081	0.339	0.128	-0.438	0.456	0.348
0.167	0.084	0.319	0.100	-0.598	0.607	0.330
0.200	0.087	0.295	0.072	-0.727	0.730	0.307
0.233	0.086	0.268	-0.005	-0.797	0.797	0.282
0.267	0.087	0.240	0.014	-0.853	0.853	0.255
0.300	0.086	0.209	-0.015	-0.930	0.930	0.226
0.333	0.084	0.177	-0.069	-0.945	0.947	0.196
0.366	0.082	0.146	-0.064	-0.929	0.932	0.168
0.400	0.077	0.117	-0.151	-0.857	0.870	0.140
0.433	0.073	0.090	-0.124	-0.822	0.831	0.116
0.467	0.067	0.064	-0.159	-0.778	0.794	0.093
0.500	0.062	0.041	-0.158	-0.691	0.709	0.075
0.533	0.057	0.024	-0.145	-0.518	0.538	0.062
0.567	0.046	0.011	-0.336	-0.395	0.519	0.047
0.600	0.040	0.002	-0.190	-0.251	0.315	0.040
0.633	0.034	0.000	-0.179	-0.073	0.193	0.034
0.667	0.027	0.004	-0.198	0.124	0.234	0.028
0.700	0.021	0.013	-0.178	0.263	0.318	0.025
0.733	0.015	0.028	-0.185	0.448	0.484	0.032
0.767	0.011	0.047	-0.110	0.565	0.575	0.048
0.800	0.007	0.072	-0.143	0.769	0.782	0.073
0.833	0.003	0.100	-0.119	0.833	0.842	0.100
0.866	0.004	0.131	0.041	0.929	0.930	0.131
0.900	0.003	0.163	-0.030	0.961	0.961	0.163
0.933	0.005	0.196	0.051	0.980	0.981	0.196
0.967	0.007	0.229	0.072	0.985	0.988	0.229
1.000	0.009	0.260	0.064	0.927	0.929	0.260
1.033	0.014	0.290	0.145	0.922	0.933	0.290
1.066	0.018	0.315	0.117	0.740	0.749	0.315
1.100	0.025	0.336	0.208	0.642	0.674	0.337
1.133	0.030	0.352	0.164	0.471	0.499	0.353
1.166	0.038	0.362	0.218	0.307	0.377	0.364
1.200	0.045	0.367	0.231	0.141	0.270	0.370
1.233	0.052	0.366	0.193	-0.032	0.195	0.369
1.266	0.058	0.359	0.198	-0.195	0.278	0.364
1.300	0.065	0.347	0.190	-0.368	0.414	0.353

1.333	0.072	0.330	0.217	-0.500	0.545	0.338
1.366	0.076	0.310	0.123	-0.625	0.637	0.319
1.400	0.080	0.284	0.131	-0.774	0.785	0.295
1.433	0.084	0.256	0.122	-0.845	0.854	0.269
1.466	0.085	0.227	0.024	-0.860	0.860	0.242
1.500	0.088	0.196	0.071	-0.919	0.922	0.215
1.533	0.088	0.164	0.009	-0.968	0.968	0.186
1.566	0.086	0.133	-0.054	-0.913	0.915	0.159
1.600	0.084	0.105	-0.062	-0.851	0.853	0.134
1.633	0.082	0.079	-0.068	-0.795	0.798	0.113
1.666	0.079	0.054	-0.075	-0.732	0.735	0.096
1.700	0.072	0.034	-0.212	-0.602	0.638	0.080
1.733	0.067	0.019	-0.166	-0.460	0.489	0.069
1.766	0.061	0.009	-0.161	-0.306	0.346	0.062
1.800	0.056	0.003	-0.172	-0.180	0.249	0.056
1.833	0.049	0.003	-0.192	0.000	0.192	0.049
1.866	0.043	0.008	-0.196	0.162	0.255	0.044
1.900	0.036	0.020	-0.212	0.351	0.410	0.041
1.933	0.029	0.037	-0.205	0.512	0.551	0.047
1.966	0.022	0.058	-0.203	0.624	0.656	0.062
2.000	0.016	0.084	-0.176	0.785	0.804	0.086
2.033	0.011	0.113	-0.162	0.865	0.880	0.113
2.066	0.009	0.144	-0.067	0.955	0.958	0.145
2.100	0.004	0.177	-0.144	0.965	0.976	0.177
2.133	0.004	0.209	-0.006	0.969	0.969	0.209
2.166	0.003	0.242	-0.020	0.981	0.982	0.242
2.200	0.001	0.272	-0.051	0.902	0.904	0.272
2.233	0.003	0.300	0.055	0.865	0.866	0.301
2.266	0.006	0.323	0.102	0.682	0.689	0.323
2.300	0.011	0.343	0.139	0.593	0.610	0.343
2.333	0.018	0.355	0.193	0.368	0.416	0.356
2.366	0.022	0.364	0.135	0.253	0.287	0.364
2.400	0.028	0.366	0.165	0.082	0.184	0.367
2.433	0.034	0.363	0.186	-0.110	0.217	0.364
2.466	0.039	0.354	0.172	-0.262	0.314	0.356
2.499	0.047	0.339	0.220	-0.448	0.499	0.342
2.533	0.054	0.320	0.220	-0.561	0.602	0.325
2.566	0.061	0.299	0.215	-0.649	0.684	0.305
2.599	0.068	0.273	0.209	-0.788	0.815	0.281
2.633	0.074	0.244	0.169	-0.872	0.888	0.254
2.666	0.076	0.214	0.072	-0.894	0.897	0.227
2.699	0.080	0.184	0.111	-0.897	0.903	0.200
2.733	0.084	0.152	0.120	-0.941	0.949	0.174
2.766	0.086	0.122	0.062	-0.913	0.915	0.149

2.799	0.085	0.094	-0.027	-0.834	0.834	0.127
2.833	0.086	0.069	0.033	-0.752	0.753	0.111
2.866	0.086	0.047	-0.012	-0.670	0.670	0.098
2.899	0.081	0.029	-0.150	-0.548	0.568	0.086
2.933	0.079	0.015	-0.065	-0.404	0.409	0.080
2.966	0.075	0.007	-0.105	-0.252	0.272	0.076
2.999	0.071	0.003	-0.132	-0.102	0.167	0.071
3.033	0.066	0.006	-0.153	0.076	0.170	0.066
3.066	0.059	0.014	-0.205	0.231	0.309	0.060
3.099	0.051	0.027	-0.228	0.405	0.465	0.058
3.133	0.044	0.046	-0.208	0.567	0.604	0.064
3.166	0.037	0.069	-0.231	0.685	0.723	0.078
3.199	0.031	0.097	-0.181	0.841	0.861	0.102
3.233	0.024	0.125	-0.194	0.848	0.870	0.128
3.266	0.018	0.158	-0.183	0.998	1.015	0.159
3.299	0.012	0.191	-0.168	0.981	0.995	0.191
3.333	0.010	0.223	-0.071	0.945	0.947	0.223
3.366	0.005	0.255	-0.167	0.969	0.983	0.255
3.399	0.002	0.283	-0.064	0.862	0.864	0.283
3.433	0.000	0.311	-0.073	0.812	0.816	0.311
3.466	0.005	0.330	0.142	0.588	0.605	0.330
3.499	0.002	0.348	-0.067	0.529	0.533	0.348
3.533	0.004	0.359	0.057	0.338	0.343	0.359
3.566	0.007	0.365	0.086	0.167	0.188	0.365
3.599	0.012	0.364	0.140	-0.008	0.140	0.365
3.633	0.017	0.359	0.156	-0.173	0.233	0.359
3.666	0.023	0.349	0.175	-0.303	0.349	0.349
3.699	0.029	0.333	0.188	-0.472	0.508	0.334
3.733	0.036	0.312	0.202	-0.630	0.661	0.314
3.766	0.042	0.289	0.177	-0.698	0.720	0.292
3.799	0.050	0.262	0.255	-0.809	0.849	0.266
3.833	0.055	0.232	0.142	-0.882	0.894	0.239
3.866	0.062	0.201	0.197	-0.929	0.950	0.210
3.899	0.067	0.171	0.157	-0.902	0.916	0.184
3.933	0.073	0.141	0.189	-0.901	0.921	0.159
3.966	0.077	0.111	0.115	-0.887	0.895	0.135
3.999	0.080	0.084	0.082	-0.828	0.832	0.116
4.032	0.083	0.060	0.093	-0.714	0.720	0.102
4.066	0.083	0.041	-0.001	-0.579	0.579	0.092
4.099	0.088	0.023	0.154	-0.522	0.544	0.091
4.133	0.084	0.011	-0.131	-0.363	0.386	0.084
4.166	0.083	0.005	-0.030	-0.184	0.187	0.083
4.199	0.081	0.004	-0.056	-0.031	0.064	0.081
4.232	0.077	0.009	-0.098	0.152	0.181	0.078

4.266	0.072	0.019	-0.157	0.292	0.332	0.075
4.299	0.067	0.034	-0.151	0.458	0.482	0.075
4.332	0.060	0.055	-0.217	0.624	0.661	0.081
4.366	0.053	0.079	-0.205	0.721	0.749	0.095
4.399	0.050	0.108	-0.090	0.866	0.870	0.119
4.432	0.041	0.138	-0.268	0.916	0.955	0.144
4.466	0.034	0.172	-0.202	0.997	1.017	0.175
4.499	0.027	0.203	-0.214	0.952	0.976	0.205
4.533	0.022	0.235	-0.158	0.948	0.962	0.236
4.566	0.016	0.267	-0.184	0.950	0.968	0.267
4.599	0.011	0.294	-0.140	0.805	0.817	0.294
4.633	0.005	0.319	-0.193	0.775	0.798	0.319
4.666	0.005	0.337	-0.008	0.543	0.543	0.337
4.699	0.003	0.352	-0.056	0.439	0.442	0.352
4.732	0.003	0.361	0.011	0.272	0.272	0.361
4.766	0.004	0.364	0.020	0.093	0.095	0.364
4.799	0.004	0.362	0.000	-0.060	0.060	0.362
4.832	0.006	0.354	0.078	-0.244	0.256	0.354
4.866	0.010	0.342	0.120	-0.366	0.385	0.342
4.899	0.014	0.325	0.105	-0.518	0.529	0.325
4.933	0.020	0.302	0.172	-0.666	0.688	0.303
4.966	0.025	0.277	0.168	-0.751	0.770	0.279
4.999	0.033	0.250	0.224	-0.816	0.846	0.252
5.032	0.040	0.220	0.218	-0.906	0.932	0.224
5.066	0.046	0.189	0.175	-0.928	0.944	0.195
5.099	0.051	0.159	0.149	-0.902	0.914	0.167
5.132	0.055	0.131	0.146	-0.849	0.861	0.142
5.166	0.064	0.102	0.255	-0.870	0.907	0.120
5.199	0.069	0.075	0.152	-0.791	0.806	0.102
5.232	0.075	0.052	0.174	-0.686	0.708	0.091
5.266	0.076	0.035	0.022	-0.524	0.524	0.083
5.299	0.079	0.020	0.107	-0.447	0.460	0.082
5.332	0.082	0.010	0.090	-0.308	0.320	0.083
5.366	0.084	0.005	0.072	-0.136	0.154	0.085
5.399	0.085	0.006	0.005	0.031	0.031	0.085
5.432	0.084	0.013	-0.015	0.211	0.212	0.085
5.466	0.082	0.026	-0.064	0.368	0.373	0.086
5.499	0.079	0.042	-0.090	0.505	0.513	0.090
5.532	0.074	0.065	-0.148	0.689	0.705	0.099
5.566	0.069	0.091	-0.160	0.763	0.779	0.114
5.599	0.063	0.120	-0.164	0.879	0.894	0.136
5.632	0.059	0.151	-0.123	0.908	0.917	0.162
5.665	0.052	0.183	-0.218	0.983	1.007	0.190
5.699	0.045	0.215	-0.196	0.965	0.985	0.220

5.732	0.038	0.246	-0.230	0.932	0.960	0.249
5.765	0.029	0.277	-0.257	0.921	0.956	0.278
5.799	0.024	0.303	-0.163	0.776	0.793	0.304
5.832	0.019	0.326	-0.141	0.684	0.699	0.326
5.866	0.013	0.343	-0.178	0.512	0.542	0.343
5.899	0.009	0.355	-0.128	0.370	0.392	0.355
5.932	0.006	0.362	-0.098	0.202	0.224	0.362
5.965	0.003	0.363	-0.072	0.044	0.085	0.363
5.999	0.001	0.359	-0.052	-0.134	0.144	0.359
6.032	0.001	0.349	-0.003	-0.297	0.297	0.349
6.065	0.004	0.334	0.075	-0.437	0.443	0.334
6.099	0.005	0.315	0.020	-0.569	0.569	0.315
6.132	0.008	0.292	0.116	-0.699	0.709	0.292
6.166	0.011	0.266	0.090	-0.789	0.794	0.266
6.199	0.015	0.239	0.113	-0.818	0.826	0.239
6.232	0.021	0.209	0.170	-0.894	0.911	0.210
6.265	0.027	0.178	0.198	-0.932	0.953	0.180
6.299	0.033	0.147	0.183	-0.916	0.934	0.151
6.332	0.040	0.119	0.189	-0.837	0.858	0.126
6.366	0.046	0.092	0.182	-0.802	0.823	0.103
6.399	0.054	0.067	0.233	-0.751	0.786	0.086
6.432	0.060	0.047	0.195	-0.628	0.657	0.076
6.465	0.064	0.030	0.105	-0.495	0.506	0.070
6.499	0.070	0.017	0.183	-0.387	0.429	0.072
6.532	0.075	0.009	0.172	-0.244	0.299	0.076
6.565	0.080	0.007	0.133	-0.074	0.152	0.080
6.599	0.083	0.010	0.094	0.100	0.137	0.084
6.632	0.085	0.019	0.044	0.271	0.274	0.087
6.665	0.086	0.032	0.056	0.406	0.410	0.092
6.699	0.085	0.051	-0.047	0.561	0.563	0.099
6.732	0.083	0.076	-0.054	0.744	0.746	0.113
6.765	0.080	0.102	-0.091	0.788	0.793	0.130
6.799	0.079	0.132	-0.036	0.897	0.897	0.154
6.832	0.073	0.163	-0.180	0.931	0.948	0.178
6.865	0.069	0.196	-0.109	0.983	0.989	0.208
6.899	0.063	0.228	-0.176	0.967	0.983	0.237
6.932	0.054	0.258	-0.268	0.893	0.932	0.263
6.965	0.047	0.288	-0.218	0.907	0.933	0.292
6.998	0.040	0.311	-0.201	0.703	0.732	0.314
7.032	0.033	0.333	-0.214	0.636	0.671	0.334
7.065	0.027	0.347	-0.174	0.431	0.465	0.348
7.099	0.021	0.357	-0.182	0.303	0.353	0.358
7.132	0.016	0.362	-0.155	0.142	0.210	0.362
7.165	0.011	0.361	-0.161	-0.022	0.163	0.361

7.198	0.007	0.355	-0.119	-0.191	0.225	0.355
7.232	0.004	0.342	-0.071	-0.368	0.375	0.342
7.265	0.002	0.326	-0.064	-0.488	0.492	0.326
7.298	0.002	0.306	-0.010	-0.601	0.601	0.306
7.332	0.002	0.281	0.003	-0.745	0.745	0.281
7.365	0.003	0.254	0.034	-0.821	0.821	0.254
7.398	0.006	0.226	0.083	-0.852	0.856	0.226
7.432	0.009	0.197	0.079	-0.862	0.866	0.197
7.465	0.014	0.166	0.159	-0.937	0.951	0.166
7.498	0.019	0.136	0.141	-0.889	0.900	0.137
7.532	0.023	0.108	0.138	-0.832	0.844	0.111
7.565	0.029	0.083	0.176	-0.752	0.773	0.088
7.598	0.037	0.060	0.229	-0.693	0.730	0.070
7.632	0.045	0.041	0.255	-0.570	0.625	0.061
7.665	0.049	0.027	0.116	-0.423	0.439	0.056
7.698	0.056	0.016	0.199	-0.330	0.385	0.058
7.732	0.063	0.010	0.213	-0.169	0.271	0.064
7.765	0.069	0.010	0.188	-0.012	0.188	0.070
7.798	0.074	0.015	0.153	0.155	0.218	0.076
7.832	0.079	0.026	0.144	0.314	0.346	0.083
7.865	0.082	0.042	0.096	0.496	0.505	0.092
7.898	0.084	0.061	0.065	0.577	0.581	0.104
7.932	0.085	0.087	0.023	0.785	0.786	0.122
7.965	0.088	0.114	0.100	0.802	0.808	0.144
7.998	0.086	0.145	-0.067	0.940	0.942	0.169
8.032	0.083	0.176	-0.102	0.922	0.928	0.195
8.065	0.081	0.208	-0.061	0.950	0.952	0.223
8.098	0.075	0.240	-0.158	0.957	0.969	0.251
8.132	0.070	0.269	-0.160	0.872	0.886	0.278
8.165	0.063	0.297	-0.223	0.845	0.874	0.304
8.198	0.058	0.318	-0.146	0.646	0.662	0.324
8.232	0.053	0.337	-0.146	0.564	0.583	0.341
8.265	0.046	0.351	-0.204	0.406	0.454	0.354
8.298	0.040	0.359	-0.185	0.237	0.300	0.361
8.332	0.032	0.361	-0.244	0.068	0.253	0.362
8.365	0.025	0.358	-0.205	-0.099	0.227	0.359
8.398	0.019	0.349	-0.184	-0.259	0.318	0.350
8.432	0.016	0.335	-0.100	-0.425	0.437	0.335
8.465	0.010	0.317	-0.175	-0.541	0.568	0.317
8.498	0.007	0.296	-0.076	-0.641	0.646	0.296
8.532	0.006	0.270	-0.042	-0.771	0.772	0.270
8.565	0.003	0.242	-0.080	-0.845	0.849	0.242
8.598	0.002	0.213	-0.026	-0.859	0.860	0.213
8.631	0.003	0.184	0.025	-0.872	0.872	0.184

8.665	0.006	0.154	0.103	-0.900	0.906	0.154
8.698	0.009	0.125	0.072	-0.876	0.879	0.125
8.732	0.012	0.098	0.079	-0.807	0.811	0.098
8.765	0.016	0.074	0.145	-0.721	0.735	0.076
8.798	0.023	0.052	0.203	-0.643	0.674	0.057
8.832	0.026	0.035	0.098	-0.528	0.537	0.044
8.865	0.033	0.021	0.198	-0.403	0.449	0.039
8.898	0.040	0.013	0.220	-0.246	0.330	0.042
8.931	0.048	0.010	0.219	-0.088	0.237	0.049
8.965	0.054	0.013	0.203	0.074	0.216	0.056
8.998	0.062	0.020	0.220	0.208	0.303	0.065
9.032	0.067	0.033	0.160	0.402	0.433	0.075
9.065	0.073	0.051	0.166	0.549	0.574	0.089
9.098	0.077	0.073	0.125	0.651	0.663	0.106
9.131	0.084	0.100	0.216	0.796	0.825	0.130
9.165	0.085	0.127	0.047	0.830	0.832	0.153
9.198	0.087	0.158	0.035	0.938	0.938	0.181
9.232	0.086	0.190	-0.020	0.943	0.944	0.209
9.265	0.086	0.221	-0.004	0.935	0.935	0.237
9.298	0.083	0.252	-0.083	0.939	0.942	0.266
9.332	0.080	0.280	-0.077	0.817	0.820	0.291
9.365	0.077	0.306	-0.096	0.784	0.790	0.315
9.398	0.072	0.326	-0.163	0.611	0.632	0.334
9.431	0.067	0.342	-0.130	0.490	0.507	0.349

Lampiran 3. Data Analisis *Tracker* Variasi Sudut 10°

t	x	y	vx	vy	v	r
0.000	0.066	0.369				
0.033	0.073	0.364	0.186	-0.141	0.233	0.371
0.067	0.076	0.354	0.102	-0.306	0.323	0.362
0.100	0.080	0.340	0.128	-0.435	0.453	0.349
0.133	0.084	0.319	0.110	-0.609	0.619	0.330
0.167	0.085	0.295	0.042	-0.716	0.717	0.307
0.200	0.086	0.268	0.026	-0.810	0.810	0.282
0.233	0.087	0.240	0.014	-0.855	0.855	0.255
0.267	0.086	0.209	-0.010	-0.929	0.929	0.226
0.300	0.084	0.177	-0.062	-0.948	0.950	0.196
0.333	0.081	0.147	-0.100	-0.925	0.931	0.168
0.367	0.077	0.118	-0.111	-0.862	0.869	0.141
0.400	0.073	0.090	-0.131	-0.825	0.835	0.116
0.433	0.066	0.065	-0.195	-0.761	0.785	0.093
0.467	0.060	0.042	-0.205	-0.692	0.721	0.073
0.500	0.052	0.025	-0.217	-0.513	0.557	0.058
0.533	0.046	0.011	-0.192	-0.416	0.458	0.047
0.567	0.040	0.002	-0.191	-0.254	0.318	0.040
0.600	0.034	0.000	-0.166	-0.074	0.182	0.034
0.633	0.027	0.004	-0.217	0.121	0.249	0.027
0.667	0.021	0.013	-0.182	0.271	0.327	0.025
0.700	0.015	0.028	-0.169	0.438	0.470	0.032
0.733	0.011	0.047	-0.119	0.571	0.583	0.048
0.767	0.007	0.073	-0.133	0.775	0.786	0.073
0.800	0.003	0.100	-0.114	0.828	0.836	0.100
0.833	0.004	0.131	0.026	0.927	0.927	0.131
0.866	0.003	0.163	-0.020	0.967	0.967	0.163
0.900	0.004	0.196	0.038	0.982	0.983	0.196
0.934	0.005	0.230	0.018	1.016	1.017	0.230
0.967	0.009	0.260	0.108	0.904	0.910	0.260
1.000	0.013	0.291	0.125	0.926	0.934	0.291
1.033	0.018	0.315	0.150	0.731	0.746	0.316
1.066	0.025	0.336	0.206	0.637	0.670	0.337
1.100	0.029	0.353	0.139	0.488	0.507	0.354
1.133	0.036	0.363	0.203	0.310	0.371	0.365
1.167	0.043	0.368	0.207	0.148	0.254	0.370
1.200	0.049	0.367	0.196	-0.029	0.198	0.370
1.233	0.056	0.361	0.192	-0.185	0.266	0.365
1.266	0.064	0.348	0.236	-0.392	0.457	0.354
1.300	0.070	0.331	0.176	-0.492	0.522	0.339
1.333	0.075	0.310	0.167	-0.641	0.662	0.319

1.366	0.080	0.284	0.154	-0.780	0.796	0.295
1.400	0.083	0.256	0.069	-0.829	0.831	0.269
1.433	0.085	0.227	0.081	-0.877	0.881	0.243
1.467	0.087	0.196	0.045	-0.916	0.917	0.215
1.500	0.087	0.165	0.010	-0.957	0.957	0.186
1.533	0.086	0.134	-0.035	-0.921	0.922	0.159
1.567	0.084	0.106	-0.066	-0.848	0.851	0.135
1.600	0.082	0.079	-0.064	-0.802	0.804	0.114
1.633	0.079	0.055	-0.091	-0.732	0.738	0.096
1.666	0.072	0.035	-0.185	-0.597	0.625	0.080
1.700	0.067	0.020	-0.173	-0.455	0.487	0.069
1.733	0.061	0.010	-0.167	-0.304	0.347	0.062
1.766	0.055	0.003	-0.187	-0.181	0.260	0.055
1.800	0.048	0.004	-0.209	0.015	0.210	0.048
1.833	0.042	0.009	-0.169	0.138	0.218	0.043
1.867	0.035	0.021	-0.226	0.361	0.426	0.040
1.900	0.028	0.038	-0.197	0.511	0.548	0.047
1.933	0.021	0.058	-0.199	0.623	0.655	0.062
1.966	0.015	0.085	-0.188	0.798	0.820	0.086
2.000	0.010	0.113	-0.151	0.854	0.867	0.114
2.033	0.007	0.145	-0.093	0.957	0.962	0.145
2.066	0.003	0.177	-0.113	0.955	0.962	0.177
2.100	0.002	0.210	-0.031	0.979	0.980	0.210
2.133	0.000	0.244	-0.068	1.013	1.015	0.244
2.166	0.001	0.272	0.029	0.864	0.864	0.272
2.200	0.003	0.301	0.056	0.866	0.868	0.301
2.233	0.006	0.324	0.083	0.691	0.696	0.324
2.266	0.010	0.344	0.123	0.599	0.612	0.344
2.300	0.014	0.357	0.141	0.379	0.405	0.357
2.333	0.020	0.365	0.162	0.250	0.298	0.366
2.366	0.026	0.368	0.176	0.078	0.193	0.369
2.400	0.032	0.364	0.200	-0.113	0.229	0.365
2.433	0.039	0.355	0.196	-0.278	0.340	0.357
2.466	0.046	0.340	0.220	-0.440	0.492	0.343
2.499	0.053	0.321	0.217	-0.562	0.603	0.326
2.533	0.061	0.299	0.216	-0.662	0.696	0.305
2.566	0.066	0.274	0.163	-0.761	0.778	0.282
2.599	0.072	0.245	0.166	-0.882	0.897	0.255
2.633	0.076	0.214	0.127	-0.905	0.913	0.227
2.666	0.079	0.185	0.108	-0.896	0.902	0.201
2.699	0.084	0.153	0.124	-0.951	0.959	0.174
2.733	0.085	0.123	0.038	-0.898	0.899	0.149
2.766	0.085	0.095	0.010	-0.852	0.852	0.127
2.799	0.086	0.070	0.026	-0.745	0.745	0.111

2.833	0.084	0.048	-0.074	-0.651	0.655	0.096
2.866	0.081	0.029	-0.073	-0.577	0.581	0.086
2.899	0.079	0.015	-0.079	-0.403	0.410	0.080
2.933	0.074	0.007	-0.122	-0.241	0.270	0.075
2.966	0.070	0.004	-0.149	-0.089	0.174	0.070
2.999	0.065	0.006	-0.133	0.050	0.142	0.065
3.033	0.059	0.014	-0.191	0.225	0.295	0.060
3.066	0.051	0.028	-0.231	0.421	0.480	0.058
3.099	0.044	0.046	-0.198	0.555	0.590	0.064
3.133	0.037	0.069	-0.230	0.687	0.725	0.078
3.166	0.028	0.098	-0.252	0.884	0.919	0.102
3.200	0.023	0.126	-0.151	0.819	0.832	0.128
3.233	0.018	0.159	-0.148	0.988	0.999	0.160
3.266	0.012	0.192	-0.184	0.987	1.004	0.192
3.299	0.009	0.224	-0.108	0.959	0.965	0.224
3.333	0.004	0.255	-0.130	0.958	0.967	0.255
3.366	0.001	0.285	-0.087	0.877	0.881	0.285
3.400	0.000	0.311	-0.036	0.798	0.799	0.311
3.433	0.001	0.332	0.013	0.631	0.631	0.332
3.466	0.002	0.349	0.032	0.501	0.502	0.349
3.499	0.004	0.360	0.078	0.324	0.333	0.360
3.533	0.007	0.366	0.087	0.176	0.197	0.366
3.566	0.012	0.365	0.136	-0.015	0.137	0.365
3.599	0.017	0.360	0.155	-0.167	0.228	0.360
3.633	0.022	0.349	0.156	-0.304	0.341	0.350
3.666	0.029	0.333	0.209	-0.483	0.527	0.334
3.699	0.036	0.313	0.195	-0.625	0.654	0.315
3.733	0.042	0.289	0.180	-0.699	0.721	0.292
3.766	0.049	0.263	0.224	-0.798	0.829	0.267
3.799	0.055	0.233	0.184	-0.897	0.916	0.239
3.833	0.062	0.202	0.193	-0.923	0.943	0.211
3.866	0.067	0.172	0.153	-0.902	0.915	0.184
3.899	0.071	0.143	0.134	-0.873	0.883	0.160
3.933	0.077	0.112	0.160	-0.917	0.931	0.136
3.966	0.080	0.085	0.090	-0.832	0.837	0.116
3.999	0.082	0.061	0.065	-0.696	0.699	0.102
4.032	0.083	0.042	0.030	-0.594	0.595	0.093
4.066	0.083	0.024	0.021	-0.510	0.511	0.087
4.099	0.084	0.011	0.005	-0.392	0.392	0.084
4.132	0.082	0.005	-0.036	-0.180	0.184	0.083
4.166	0.080	0.004	-0.058	-0.030	0.066	0.081
4.199	0.077	0.009	-0.095	0.139	0.168	0.078
4.232	0.072	0.019	-0.160	0.300	0.340	0.074
4.266	0.067	0.034	-0.145	0.464	0.486	0.075

4.299	0.060	0.055	-0.205	0.617	0.650	0.082
4.333	0.053	0.079	-0.207	0.723	0.752	0.096
4.366	0.046	0.109	-0.221	0.894	0.921	0.118
4.399	0.041	0.139	-0.155	0.891	0.904	0.144
4.432	0.034	0.172	-0.192	0.994	1.013	0.175
4.466	0.027	0.204	-0.231	0.966	0.994	0.206
4.499	0.021	0.236	-0.181	0.952	0.969	0.237
4.532	0.015	0.267	-0.181	0.950	0.968	0.268
4.566	0.010	0.294	-0.136	0.804	0.815	0.294
4.599	0.005	0.320	-0.147	0.766	0.779	0.320
4.632	0.003	0.338	-0.065	0.563	0.567	0.338
4.666	0.002	0.353	-0.039	0.426	0.428	0.353
4.699	0.001	0.362	-0.024	0.290	0.291	0.362
4.732	0.001	0.366	0.004	0.108	0.108	0.366
4.766	0.003	0.363	0.051	-0.092	0.105	0.363
4.799	0.006	0.355	0.083	-0.241	0.255	0.355
4.832	0.008	0.343	0.083	-0.345	0.355	0.343
4.866	0.013	0.325	0.153	-0.541	0.562	0.325
4.899	0.019	0.303	0.168	-0.673	0.693	0.303
4.932	0.025	0.278	0.169	-0.750	0.769	0.279
4.966	0.031	0.251	0.181	-0.796	0.816	0.253
4.999	0.038	0.221	0.230	-0.916	0.945	0.224
5.032	0.043	0.190	0.153	-0.927	0.940	0.195
5.066	0.050	0.159	0.197	-0.912	0.933	0.167
5.099	0.055	0.131	0.162	-0.844	0.859	0.143
5.132	0.062	0.103	0.191	-0.853	0.875	0.120
5.166	0.068	0.076	0.191	-0.805	0.828	0.102
5.199	0.072	0.054	0.104	-0.659	0.667	0.090
5.232	0.075	0.035	0.112	-0.561	0.572	0.083
5.266	0.079	0.020	0.112	-0.457	0.470	0.082
5.299	0.082	0.010	0.089	-0.312	0.325	0.083
5.332	0.085	0.005	0.078	-0.150	0.169	0.085
5.366	0.085	0.006	0.010	0.037	0.039	0.085
5.399	0.085	0.013	-0.012	0.209	0.209	0.086
5.432	0.082	0.026	-0.078	0.385	0.393	0.086
5.466	0.079	0.043	-0.081	0.501	0.508	0.090
5.499	0.074	0.065	-0.146	0.687	0.702	0.099
5.532	0.069	0.091	-0.158	0.765	0.781	0.114
5.566	0.063	0.121	-0.175	0.885	0.902	0.136
5.599	0.057	0.151	-0.176	0.919	0.936	0.162
5.632	0.052	0.183	-0.162	0.969	0.983	0.191
5.666	0.045	0.216	-0.222	0.972	0.997	0.220
5.699	0.037	0.247	-0.235	0.933	0.962	0.250
5.732	0.029	0.277	-0.226	0.913	0.940	0.279

5.765	0.024	0.303	-0.171	0.783	0.801	0.304
5.799	0.018	0.326	-0.157	0.692	0.710	0.327
5.832	0.012	0.344	-0.190	0.523	0.556	0.344
5.865	0.008	0.356	-0.112	0.355	0.373	0.356
5.899	0.004	0.363	-0.116	0.216	0.245	0.363
5.932	0.002	0.364	-0.074	0.047	0.088	0.364
5.965	0.002	0.359	-0.014	-0.155	0.156	0.359
5.999	0.002	0.349	0.006	-0.303	0.303	0.349
6.032	0.002	0.335	0.023	-0.415	0.416	0.335
6.066	0.005	0.316	0.071	-0.588	0.593	0.316
6.099	0.008	0.293	0.090	-0.695	0.701	0.293
6.132	0.011	0.266	0.101	-0.786	0.792	0.267
6.165	0.015	0.239	0.118	-0.816	0.825	0.240
6.199	0.021	0.209	0.170	-0.895	0.911	0.210
6.232	0.027	0.178	0.197	-0.937	0.957	0.180
6.265	0.033	0.148	0.173	-0.906	0.922	0.152
6.299	0.039	0.120	0.164	-0.831	0.847	0.126
6.332	0.046	0.093	0.209	-0.819	0.845	0.103
6.366	0.052	0.069	0.186	-0.729	0.753	0.086
6.399	0.058	0.048	0.194	-0.636	0.664	0.075
6.432	0.063	0.031	0.155	-0.502	0.526	0.070
6.465	0.069	0.018	0.184	-0.392	0.433	0.072
6.499	0.075	0.010	0.161	-0.246	0.293	0.075
6.532	0.079	0.007	0.135	-0.076	0.155	0.080
6.565	0.082	0.010	0.081	0.100	0.129	0.083
6.599	0.084	0.020	0.054	0.276	0.281	0.086
6.632	0.086	0.033	0.055	0.399	0.403	0.092
6.665	0.085	0.052	-0.033	0.560	0.561	0.099
6.699	0.083	0.077	-0.053	0.752	0.753	0.113
6.732	0.080	0.103	-0.087	0.784	0.789	0.130
6.765	0.078	0.132	-0.059	0.893	0.894	0.154
6.799	0.073	0.164	-0.157	0.935	0.948	0.179
6.832	0.069	0.196	-0.112	0.979	0.986	0.208
6.865	0.061	0.229	-0.248	0.987	1.018	0.237
6.899	0.055	0.258	-0.179	0.871	0.889	0.264
6.932	0.047	0.289	-0.243	0.915	0.947	0.292
6.965	0.040	0.312	-0.197	0.701	0.728	0.315
6.999	0.033	0.333	-0.199	0.630	0.661	0.335
7.032	0.026	0.348	-0.222	0.456	0.508	0.349
7.065	0.020	0.358	-0.179	0.300	0.350	0.359
7.099	0.015	0.363	-0.158	0.146	0.215	0.363
7.132	0.010	0.362	-0.132	-0.040	0.138	0.362
7.165	0.007	0.355	-0.111	-0.195	0.224	0.355
7.198	0.004	0.344	-0.092	-0.348	0.360	0.344

7.232	0.002	0.327	-0.047	-0.501	0.503	0.327
7.265	0.002	0.307	-0.015	-0.597	0.597	0.307
7.298	0.002	0.282	0.008	-0.755	0.756	0.282
7.332	0.003	0.255	0.036	-0.814	0.815	0.255
7.365	0.006	0.226	0.073	-0.857	0.860	0.226
7.398	0.008	0.198	0.076	-0.858	0.861	0.198
7.432	0.014	0.166	0.168	-0.944	0.959	0.167
7.465	0.018	0.137	0.122	-0.886	0.894	0.138
7.498	0.023	0.109	0.156	-0.837	0.852	0.111
7.532	0.029	0.084	0.169	-0.748	0.767	0.089
7.565	0.035	0.061	0.187	-0.676	0.702	0.070
7.599	0.042	0.042	0.219	-0.569	0.609	0.060
7.632	0.049	0.027	0.206	-0.445	0.490	0.056
7.665	0.055	0.017	0.187	-0.328	0.377	0.058
7.698	0.062	0.011	0.205	-0.165	0.263	0.063
7.732	0.068	0.010	0.190	-0.019	0.191	0.069
7.765	0.072	0.017	0.115	0.183	0.217	0.074
7.799	0.078	0.026	0.186	0.292	0.346	0.083
7.832	0.082	0.043	0.098	0.491	0.500	0.092
7.865	0.084	0.062	0.077	0.578	0.583	0.104
7.898	0.085	0.088	0.024	0.788	0.789	0.122
7.932	0.085	0.115	-0.010	0.819	0.819	0.143
7.965	0.084	0.147	-0.010	0.946	0.946	0.169
7.998	0.083	0.177	-0.051	0.896	0.898	0.195
8.032	0.080	0.208	-0.069	0.952	0.954	0.223
8.065	0.074	0.241	-0.185	0.967	0.985	0.252
8.098	0.070	0.269	-0.138	0.861	0.872	0.278
8.132	0.062	0.298	-0.216	0.843	0.870	0.304
8.165	0.057	0.319	-0.150	0.649	0.667	0.324
8.198	0.050	0.339	-0.234	0.591	0.635	0.343
8.232	0.043	0.353	-0.196	0.410	0.455	0.355
8.265	0.037	0.360	-0.178	0.220	0.283	0.362
8.298	0.030	0.362	-0.215	0.077	0.228	0.364
8.332	0.024	0.358	-0.174	-0.125	0.214	0.359
8.365	0.018	0.350	-0.174	-0.257	0.310	0.350
8.398	0.014	0.336	-0.140	-0.414	0.437	0.336
8.432	0.009	0.318	-0.134	-0.547	0.564	0.318
8.465	0.005	0.297	-0.112	-0.630	0.640	0.297
8.498	0.004	0.270	-0.032	-0.785	0.786	0.270
8.532	0.003	0.243	-0.053	-0.842	0.844	0.243
8.565	0.002	0.213	-0.010	-0.871	0.871	0.214
8.598	0.003	0.184	0.025	-0.871	0.872	0.185
8.631	0.005	0.155	0.067	-0.891	0.893	0.155
8.665	0.008	0.125	0.085	-0.880	0.884	0.126

8.698	0.011	0.098	0.078	-0.813	0.817	0.099
8.732	0.016	0.075	0.144	-0.714	0.728	0.076
8.765	0.020	0.054	0.124	-0.622	0.634	0.057
8.798	0.026	0.035	0.197	-0.558	0.592	0.044
8.831	0.033	0.022	0.198	-0.406	0.452	0.039
8.865	0.040	0.013	0.206	-0.250	0.324	0.042
8.898	0.047	0.010	0.214	-0.090	0.232	0.048
8.931	0.054	0.013	0.209	0.083	0.225	0.055
8.965	0.061	0.020	0.199	0.212	0.291	0.064
8.998	0.067	0.033	0.188	0.393	0.436	0.075
9.031	0.072	0.051	0.169	0.546	0.572	0.089
9.065	0.077	0.073	0.131	0.655	0.668	0.106
9.098	0.080	0.100	0.111	0.813	0.820	0.129
9.131	0.085	0.128	0.133	0.817	0.828	0.153
9.165	0.086	0.159	0.037	0.934	0.935	0.181
9.198	0.086	0.191	-0.006	0.947	0.947	0.209
9.231	0.086	0.222	-0.008	0.936	0.936	0.238
9.265	0.083	0.253	-0.091	0.940	0.945	0.266
9.298	0.081	0.280	-0.060	0.812	0.815	0.291
9.331	0.076	0.306	-0.130	0.797	0.808	0.316
9.365	0.071	0.327	-0.152	0.610	0.629	0.335
9.398	0.066	0.344	-0.170	0.503	0.530	0.350
9.432	0.059	0.355	-0.188	0.328	0.378	0.360

Lampiran 4. Data Analisis *Tracker* Variasi Sudut 15°

t	x	y	vx	vy	v	r
0.000	0.085	0.355				
0.033	0.093	0.351	0.239	-0.137	0.275	0.363
0.067	0.101	0.341	0.234	-0.288	0.371	0.356
0.100	0.107	0.325	0.190	-0.467	0.505	0.343
0.134	0.113	0.306	0.155	-0.590	0.610	0.326
0.167	0.117	0.283	0.128	-0.684	0.696	0.306
0.200	0.118	0.256	0.043	-0.796	0.797	0.282
0.234	0.119	0.227	0.012	-0.866	0.866	0.256
0.267	0.118	0.198	-0.028	-0.897	0.898	0.230
0.300	0.115	0.168	-0.067	-0.879	0.881	0.204
0.333	0.112	0.138	-0.099	-0.891	0.897	0.178
0.367	0.106	0.109	-0.197	-0.872	0.894	0.152
0.400	0.099	0.083	-0.188	-0.802	0.823	0.129
0.433	0.094	0.060	-0.171	-0.678	0.699	0.111
0.467	0.086	0.040	-0.224	-0.608	0.648	0.095
0.500	0.074	0.023	-0.356	-0.493	0.608	0.078
0.533	0.065	0.011	-0.284	-0.361	0.459	0.066
0.567	0.057	0.005	-0.236	-0.190	0.303	0.057
0.600	0.048	0.004	-0.275	-0.038	0.278	0.048
0.633	0.039	0.008	-0.269	0.114	0.292	0.040
0.667	0.030	0.016	-0.260	0.264	0.371	0.034
0.700	0.022	0.031	-0.238	0.423	0.485	0.038
0.733	0.014	0.049	-0.241	0.569	0.618	0.051
0.767	0.009	0.072	-0.154	0.665	0.682	0.072
0.800	0.006	0.099	-0.098	0.815	0.821	0.099
0.833	0.003	0.126	-0.091	0.831	0.836	0.127
0.866	0.002	0.158	-0.035	0.934	0.934	0.158
0.900	0.002	0.188	0.014	0.926	0.926	0.188
0.933	0.004	0.219	0.052	0.924	0.925	0.219
0.966	0.006	0.250	0.052	0.926	0.928	0.250
1.000	0.012	0.277	0.195	0.806	0.829	0.277
1.034	0.018	0.303	0.188	0.755	0.778	0.303
1.066	0.026	0.322	0.231	0.588	0.631	0.323
1.100	0.034	0.338	0.249	0.485	0.545	0.340
1.133	0.043	0.348	0.272	0.310	0.413	0.351
1.167	0.053	0.353	0.281	0.149	0.318	0.357
1.200	0.063	0.352	0.292	-0.037	0.295	0.358
1.233	0.071	0.345	0.268	-0.201	0.335	0.353
1.266	0.081	0.334	0.292	-0.350	0.456	0.343
1.300	0.090	0.317	0.278	-0.507	0.579	0.330

1.333	0.098	0.296	0.239	-0.633	0.677	0.312
1.366	0.104	0.272	0.168	-0.712	0.732	0.291
1.400	0.110	0.245	0.190	-0.803	0.825	0.269
1.433	0.114	0.216	0.121	-0.887	0.895	0.244
1.466	0.116	0.185	0.050	-0.920	0.921	0.218
1.500	0.119	0.155	0.074	-0.900	0.903	0.195
1.533	0.118	0.127	-0.019	-0.849	0.849	0.173
1.566	0.117	0.098	-0.039	-0.856	0.857	0.152
1.600	0.113	0.072	-0.117	-0.778	0.787	0.134
1.633	0.109	0.050	-0.121	-0.674	0.685	0.120
1.666	0.103	0.032	-0.173	-0.540	0.567	0.108
1.700	0.098	0.018	-0.157	-0.421	0.449	0.099
1.733	0.091	0.008	-0.199	-0.286	0.348	0.091
1.767	0.078	0.004	-0.396	-0.139	0.420	0.078
1.800	0.069	0.004	-0.260	0.024	0.262	0.069
1.833	0.060	0.011	-0.284	0.184	0.339	0.061
1.866	0.050	0.022	-0.278	0.347	0.445	0.055
1.900	0.041	0.038	-0.277	0.479	0.554	0.056
1.933	0.031	0.059	-0.291	0.636	0.699	0.067
1.966	0.023	0.083	-0.250	0.710	0.752	0.086
2.000	0.018	0.111	-0.162	0.839	0.855	0.112
2.033	0.011	0.140	-0.204	0.879	0.902	0.141
2.066	0.006	0.171	-0.157	0.932	0.945	0.171
2.100	0.003	0.202	-0.085	0.926	0.930	0.202
2.133	0.001	0.231	-0.043	0.877	0.878	0.231
2.166	0.001	0.261	-0.023	0.891	0.891	0.261
2.200	0.002	0.286	0.054	0.753	0.755	0.286
2.233	0.005	0.310	0.073	0.706	0.710	0.310
2.266	0.009	0.327	0.131	0.534	0.550	0.328
2.299	0.014	0.341	0.145	0.405	0.430	0.341
2.333	0.020	0.349	0.181	0.253	0.311	0.350
2.366	0.029	0.352	0.280	0.063	0.287	0.353
2.400	0.037	0.349	0.240	-0.083	0.254	0.351
2.433	0.046	0.340	0.274	-0.266	0.382	0.343
2.466	0.057	0.326	0.319	-0.403	0.514	0.331
2.499	0.066	0.309	0.274	-0.533	0.599	0.316
2.533	0.075	0.286	0.276	-0.676	0.730	0.296
2.566	0.084	0.261	0.261	-0.770	0.813	0.274
2.599	0.092	0.234	0.235	-0.804	0.837	0.251
2.633	0.100	0.204	0.244	-0.886	0.919	0.227
2.666	0.105	0.173	0.154	-0.924	0.936	0.203
2.699	0.110	0.143	0.133	-0.920	0.930	0.180
2.733	0.114	0.114	0.129	-0.862	0.872	0.161
2.766	0.115	0.088	0.026	-0.777	0.778	0.145

2.800	0.116	0.063	0.037	-0.747	0.748	0.132
2.833	0.116	0.041	0.009	-0.657	0.657	0.124
2.866	0.114	0.024	-0.065	-0.516	0.520	0.117
2.900	0.108	0.012	-0.200	-0.348	0.402	0.108
2.933	0.103	0.004	-0.146	-0.240	0.281	0.103
2.966	0.097	0.002	-0.181	-0.086	0.201	0.097
2.999	0.091	0.005	-0.183	0.102	0.210	0.091
3.033	0.082	0.013	-0.250	0.248	0.352	0.083
3.066	0.073	0.027	-0.287	0.414	0.504	0.078
3.099	0.063	0.045	-0.276	0.534	0.601	0.078
3.133	0.053	0.068	-0.313	0.702	0.769	0.086
3.166	0.043	0.094	-0.292	0.757	0.811	0.103
3.199	0.036	0.122	-0.218	0.861	0.888	0.127
3.233	0.027	0.152	-0.268	0.897	0.936	0.155
3.266	0.020	0.183	-0.202	0.928	0.950	0.184
3.299	0.014	0.214	-0.204	0.941	0.962	0.215
3.333	0.008	0.243	-0.181	0.851	0.870	0.243
3.366	0.004	0.272	-0.093	0.869	0.874	0.272
3.399	0.002	0.295	-0.073	0.698	0.701	0.295
3.433	0.000	0.316	-0.059	0.631	0.634	0.316
3.466	0.001	0.333	0.016	0.494	0.494	0.333
3.500	0.005	0.343	0.140	0.309	0.339	0.343
3.533	0.009	0.349	0.106	0.180	0.209	0.349
3.566	0.013	0.349	0.135	0.010	0.135	0.349
3.599	0.019	0.344	0.163	-0.149	0.221	0.345
3.633	0.026	0.334	0.235	-0.319	0.396	0.335
3.666	0.034	0.319	0.216	-0.446	0.496	0.320
3.699	0.041	0.300	0.234	-0.560	0.607	0.303
3.733	0.052	0.277	0.308	-0.700	0.765	0.281
3.766	0.060	0.250	0.248	-0.804	0.842	0.257
3.799	0.069	0.222	0.273	-0.838	0.881	0.232
3.833	0.077	0.193	0.247	-0.859	0.894	0.208
3.866	0.086	0.163	0.274	-0.918	0.958	0.184
3.899	0.094	0.133	0.221	-0.900	0.926	0.162
3.933	0.100	0.104	0.186	-0.866	0.886	0.144
3.966	0.105	0.078	0.150	-0.771	0.786	0.131
3.999	0.110	0.055	0.157	-0.702	0.720	0.123
4.032	0.111	0.035	0.015	-0.588	0.589	0.116
4.066	0.113	0.019	0.058	-0.492	0.495	0.114
4.099	0.113	0.008	0.023	-0.324	0.325	0.114
4.133	0.112	0.001	-0.030	-0.193	0.195	0.112
4.166	0.110	0.001	-0.070	-0.007	0.070	0.110
4.199	0.105	0.006	-0.140	0.154	0.208	0.106
4.233	0.100	0.017	-0.173	0.312	0.357	0.101

4.266	0.093	0.032	-0.205	0.465	0.509	0.098
4.299	0.085	0.052	-0.238	0.585	0.632	0.099
4.332	0.077	0.076	-0.250	0.735	0.777	0.108
4.366	0.069	0.103	-0.232	0.804	0.837	0.124
4.399	0.058	0.133	-0.313	0.878	0.932	0.145
4.432	0.050	0.164	-0.263	0.950	0.986	0.171
4.466	0.041	0.193	-0.274	0.880	0.922	0.198
4.499	0.032	0.225	-0.269	0.949	0.987	0.227
4.532	0.024	0.253	-0.224	0.832	0.862	0.254
4.566	0.017	0.280	-0.203	0.811	0.836	0.280
4.599	0.011	0.302	-0.196	0.679	0.706	0.303
4.632	0.006	0.321	-0.145	0.563	0.582	0.321
4.666	0.003	0.336	-0.097	0.446	0.457	0.336
4.699	0.000	0.344	-0.075	0.254	0.265	0.344
4.733	0.003	0.348	0.080	0.110	0.136	0.348
4.766	0.003	0.346	0.002	-0.061	0.061	0.346
4.799	0.006	0.339	0.080	-0.205	0.220	0.339
4.832	0.010	0.327	0.136	-0.357	0.382	0.327
4.866	0.015	0.311	0.139	-0.502	0.521	0.311
4.899	0.023	0.291	0.232	-0.604	0.647	0.291
4.932	0.028	0.268	0.156	-0.688	0.705	0.269
4.966	0.036	0.240	0.256	-0.821	0.860	0.243
4.999	0.046	0.211	0.292	-0.880	0.927	0.216
5.032	0.053	0.182	0.225	-0.866	0.895	0.190
5.066	0.063	0.153	0.284	-0.879	0.923	0.165
5.099	0.072	0.123	0.265	-0.886	0.925	0.143
5.132	0.079	0.095	0.232	-0.851	0.882	0.124
5.166	0.088	0.070	0.250	-0.761	0.801	0.112
5.199	0.095	0.047	0.225	-0.658	0.696	0.107
5.232	0.103	0.028	0.223	-0.576	0.617	0.107
5.266	0.110	0.014	0.204	-0.432	0.478	0.110
5.299	0.109	0.005	-0.008	-0.275	0.275	0.109
5.332	0.113	0.000	0.100	-0.143	0.175	0.113
5.366	0.114	0.001	0.047	0.042	0.063	0.114
5.399	0.114	0.008	-0.001	0.204	0.204	0.114
5.432	0.112	0.020	-0.068	0.361	0.368	0.114
5.466	0.108	0.038	-0.110	0.530	0.541	0.115
5.499	0.102	0.059	-0.191	0.634	0.662	0.118
5.532	0.098	0.084	-0.112	0.762	0.770	0.129
5.565	0.090	0.113	-0.231	0.858	0.889	0.145
5.599	0.082	0.142	-0.256	0.884	0.920	0.164
5.632	0.071	0.175	-0.322	0.977	1.029	0.189
5.666	0.064	0.204	-0.213	0.863	0.889	0.214
5.699	0.055	0.235	-0.280	0.927	0.968	0.241

5.732	0.045	0.262	-0.284	0.829	0.877	0.266
5.765	0.037	0.287	-0.257	0.753	0.796	0.290
5.799	0.027	0.309	-0.274	0.644	0.700	0.310
5.832	0.020	0.326	-0.226	0.508	0.556	0.326
5.865	0.013	0.338	-0.208	0.365	0.420	0.338
5.899	0.009	0.344	-0.126	0.192	0.229	0.344
5.932	0.004	0.346	-0.134	0.061	0.147	0.346
5.965	0.003	0.343	-0.057	-0.117	0.130	0.343
5.999	0.000	0.334	-0.069	-0.250	0.259	0.334
6.032	0.001	0.321	0.031	-0.406	0.408	0.321
6.065	0.004	0.303	0.077	-0.542	0.548	0.303
6.099	0.006	0.281	0.068	-0.652	0.655	0.281
6.132	0.011	0.257	0.140	-0.707	0.720	0.257
6.165	0.017	0.230	0.194	-0.818	0.841	0.231
6.199	0.024	0.201	0.195	-0.880	0.901	0.202
6.232	0.030	0.171	0.190	-0.884	0.905	0.174
6.265	0.039	0.142	0.273	-0.864	0.907	0.148
6.299	0.048	0.115	0.275	-0.834	0.878	0.124
6.332	0.058	0.087	0.278	-0.816	0.862	0.105
6.365	0.066	0.063	0.256	-0.748	0.791	0.091
6.399	0.075	0.042	0.269	-0.630	0.686	0.086
6.432	0.085	0.025	0.287	-0.509	0.584	0.088
6.465	0.090	0.012	0.159	-0.378	0.409	0.091
6.499	0.097	0.004	0.226	-0.249	0.336	0.098
6.532	0.105	0.001	0.215	-0.083	0.231	0.105
6.565	0.109	0.004	0.135	0.082	0.158	0.109
6.599	0.113	0.012	0.109	0.262	0.284	0.113
6.632	0.115	0.026	0.054	0.394	0.398	0.117
6.665	0.115	0.045	-0.001	0.574	0.574	0.123
6.699	0.113	0.068	-0.052	0.697	0.699	0.132
6.732	0.111	0.094	-0.054	0.767	0.769	0.145
6.765	0.107	0.123	-0.113	0.903	0.910	0.164
6.799	0.101	0.153	-0.176	0.879	0.896	0.183
6.832	0.095	0.185	-0.197	0.974	0.994	0.208
6.865	0.087	0.215	-0.236	0.882	0.913	0.232
6.898	0.077	0.245	-0.292	0.908	0.954	0.257
6.932	0.067	0.272	-0.316	0.800	0.861	0.280
6.965	0.059	0.295	-0.224	0.698	0.733	0.301
6.999	0.049	0.315	-0.321	0.616	0.695	0.319
7.032	0.039	0.330	-0.289	0.446	0.532	0.332
7.065	0.032	0.340	-0.210	0.295	0.362	0.342
7.099	0.025	0.344	-0.213	0.130	0.249	0.345
7.132	0.018	0.344	-0.214	-0.020	0.215	0.344
7.165	0.012	0.338	-0.177	-0.172	0.246	0.338

7.198	0.007	0.327	-0.147	-0.333	0.364	0.327
7.232	0.004	0.313	-0.089	-0.421	0.431	0.313
7.266	0.001	0.294	-0.082	-0.568	0.574	0.294
7.298	0.001	0.271	-0.013	-0.705	0.706	0.271
7.332	0.002	0.246	0.024	-0.739	0.739	0.246
7.365	0.005	0.219	0.109	-0.804	0.812	0.219
7.399	0.008	0.190	0.091	-0.855	0.860	0.191
7.432	0.013	0.161	0.148	-0.891	0.903	0.161
7.465	0.020	0.132	0.204	-0.874	0.897	0.133
7.499	0.027	0.106	0.205	-0.784	0.810	0.109
7.532	0.034	0.080	0.205	-0.759	0.787	0.087
7.565	0.043	0.057	0.288	-0.707	0.764	0.071
7.598	0.053	0.037	0.306	-0.605	0.678	0.065
7.632	0.063	0.022	0.296	-0.447	0.537	0.067
7.665	0.070	0.011	0.194	-0.336	0.388	0.070
7.698	0.080	0.004	0.312	-0.201	0.372	0.080
7.732	0.089	0.003	0.265	-0.024	0.266	0.089
7.765	0.096	0.008	0.222	0.137	0.260	0.097
7.799	0.103	0.018	0.205	0.314	0.375	0.105
7.832	0.108	0.033	0.150	0.451	0.476	0.113
7.865	0.112	0.053	0.120	0.603	0.615	0.124
7.899	0.114	0.078	0.069	0.737	0.741	0.138
7.932	0.117	0.104	0.090	0.783	0.788	0.157
7.965	0.116	0.135	-0.033	0.926	0.927	0.178
7.998	0.113	0.164	-0.098	0.883	0.888	0.199
8.032	0.111	0.196	-0.076	0.961	0.964	0.225
8.065	0.104	0.226	-0.206	0.880	0.904	0.248
8.098	0.099	0.255	-0.131	0.873	0.882	0.273
8.132	0.088	0.281	-0.327	0.804	0.868	0.295
8.165	0.080	0.303	-0.242	0.637	0.682	0.313
8.198	0.072	0.321	-0.237	0.540	0.590	0.329
8.232	0.066	0.333	-0.207	0.366	0.421	0.339
8.265	0.054	0.341	-0.343	0.247	0.423	0.345
8.298	0.045	0.344	-0.275	0.074	0.285	0.346
8.332	0.034	0.342	-0.322	-0.051	0.326	0.344
8.365	0.028	0.333	-0.197	-0.255	0.322	0.334
8.398	0.021	0.321	-0.190	-0.379	0.424	0.321
8.432	0.014	0.305	-0.232	-0.474	0.527	0.305
8.465	0.009	0.285	-0.135	-0.596	0.611	0.285
8.498	0.006	0.261	-0.105	-0.735	0.743	0.261
8.532	0.004	0.234	-0.063	-0.788	0.790	0.234
8.565	0.002	0.207	-0.061	-0.806	0.808	0.207
8.598	0.002	0.179	0.016	-0.840	0.841	0.179
8.632	0.005	0.151	0.076	-0.868	0.871	0.151

8.665	0.006	0.123	0.048	-0.840	0.842	0.123
8.698	0.011	0.096	0.140	-0.784	0.796	0.097
8.731	0.017	0.073	0.178	-0.698	0.721	0.075
8.765	0.024	0.051	0.223	-0.668	0.704	0.056
8.798	0.033	0.033	0.264	-0.542	0.602	0.047
8.831	0.038	0.020	0.163	-0.391	0.423	0.043
8.865	0.047	0.011	0.265	-0.273	0.380	0.048
8.898	0.058	0.006	0.313	-0.128	0.338	0.058
8.931	0.069	0.007	0.329	0.026	0.330	0.069
8.965	0.077	0.014	0.245	0.191	0.311	0.078
8.998	0.086	0.026	0.269	0.358	0.448	0.090
9.031	0.094	0.042	0.244	0.497	0.554	0.103
9.065	0.101	0.063	0.196	0.628	0.658	0.119
9.098	0.109	0.089	0.265	0.765	0.810	0.141
9.131	0.113	0.115	0.106	0.807	0.814	0.161
9.165	0.116	0.146	0.095	0.930	0.935	0.187
9.198	0.118	0.176	0.053	0.897	0.899	0.212
9.231	0.118	0.207	-0.009	0.927	0.927	0.238
9.265	0.115	0.237	-0.063	0.901	0.903	0.264
9.298	0.111	0.264	-0.133	0.814	0.825	0.287
9.331	0.105	0.290	-0.181	0.774	0.795	0.309
9.365	0.100	0.310	-0.146	0.597	0.614	0.326
9.398	0.094	0.326	-0.168	0.486	0.514	0.340
9.431	0.087	0.337	-0.222	0.325	0.394	0.348

Lampiran 5. Daftar Analisis *Tracker* Variasi Panjang Rentang Pegas 17 cm

t	x	y	vx	vy	v	r
0.000	0.066	0.369				
0.033	0.073	0.364	0.186	-0.141	0.233	0.371
0.067	0.076	0.354	0.102	-0.306	0.323	0.362
0.100	0.080	0.340	0.128	-0.435	0.453	0.349
0.133	0.084	0.319	0.110	-0.609	0.619	0.330
0.167	0.085	0.295	0.042	-0.716	0.717	0.307
0.200	0.086	0.268	0.026	-0.810	0.810	0.282
0.233	0.087	0.240	0.014	-0.855	0.855	0.255
0.267	0.086	0.209	-0.010	-0.929	0.929	0.226
0.300	0.084	0.177	-0.062	-0.948	0.950	0.196
0.333	0.081	0.147	-0.100	-0.925	0.931	0.168
0.367	0.077	0.118	-0.111	-0.862	0.869	0.141
0.400	0.073	0.090	-0.131	-0.825	0.835	0.116
0.433	0.066	0.065	-0.195	-0.761	0.785	0.093
0.467	0.060	0.042	-0.205	-0.692	0.721	0.073
0.500	0.052	0.025	-0.217	-0.513	0.557	0.058
0.533	0.046	0.011	-0.192	-0.416	0.458	0.047
0.567	0.040	0.002	-0.191	-0.254	0.318	0.040
0.600	0.034	0.000	-0.166	-0.074	0.182	0.034
0.633	0.027	0.004	-0.217	0.121	0.249	0.027
0.667	0.021	0.013	-0.182	0.271	0.327	0.025
0.700	0.015	0.028	-0.169	0.438	0.470	0.032
0.733	0.011	0.047	-0.119	0.571	0.583	0.048
0.767	0.007	0.073	-0.133	0.775	0.786	0.073
0.800	0.003	0.100	-0.114	0.828	0.836	0.100
0.833	0.004	0.131	0.026	0.927	0.927	0.131
0.866	0.003	0.163	-0.020	0.967	0.967	0.163
0.900	0.004	0.196	0.038	0.982	0.983	0.196
0.934	0.005	0.230	0.018	1.016	1.017	0.230
0.967	0.009	0.260	0.108	0.904	0.910	0.260
1.000	0.013	0.291	0.125	0.926	0.934	0.291
1.033	0.018	0.315	0.150	0.731	0.746	0.316
1.066	0.025	0.336	0.206	0.637	0.670	0.337
1.100	0.029	0.353	0.139	0.488	0.507	0.354
1.133	0.036	0.363	0.203	0.310	0.371	0.365
1.167	0.043	0.368	0.207	0.148	0.254	0.370
1.200	0.049	0.367	0.196	-0.029	0.198	0.370
1.233	0.056	0.361	0.192	-0.185	0.266	0.365
1.266	0.064	0.348	0.236	-0.392	0.457	0.354
1.300	0.070	0.331	0.176	-0.492	0.522	0.339

1.333	0.075	0.310	0.167	-0.641	0.662	0.319
1.366	0.080	0.284	0.154	-0.780	0.796	0.295
1.400	0.083	0.256	0.069	-0.829	0.831	0.269
1.433	0.085	0.227	0.081	-0.877	0.881	0.243
1.467	0.087	0.196	0.045	-0.916	0.917	0.215
1.500	0.087	0.165	0.010	-0.957	0.957	0.186
1.533	0.086	0.134	-0.035	-0.921	0.922	0.159
1.567	0.084	0.106	-0.066	-0.848	0.851	0.135
1.600	0.082	0.079	-0.064	-0.802	0.804	0.114
1.633	0.079	0.055	-0.091	-0.732	0.738	0.096
1.666	0.072	0.035	-0.185	-0.597	0.625	0.080
1.700	0.067	0.020	-0.173	-0.455	0.487	0.069
1.733	0.061	0.010	-0.167	-0.304	0.347	0.062
1.766	0.055	0.003	-0.187	-0.181	0.260	0.055
1.800	0.048	0.004	-0.209	0.015	0.210	0.048
1.833	0.042	0.009	-0.169	0.138	0.218	0.043
1.867	0.035	0.021	-0.226	0.361	0.426	0.040
1.900	0.028	0.038	-0.197	0.511	0.548	0.047
1.933	0.021	0.058	-0.199	0.623	0.655	0.062
1.966	0.015	0.085	-0.188	0.798	0.820	0.086
2.000	0.010	0.113	-0.151	0.854	0.867	0.114
2.033	0.007	0.145	-0.093	0.957	0.962	0.145
2.066	0.003	0.177	-0.113	0.955	0.962	0.177
2.100	0.002	0.210	-0.031	0.979	0.980	0.210
2.133	0.000	0.244	-0.068	1.013	1.015	0.244
2.166	0.001	0.272	0.029	0.864	0.864	0.272
2.200	0.003	0.301	0.056	0.866	0.868	0.301
2.233	0.006	0.324	0.083	0.691	0.696	0.324
2.266	0.010	0.344	0.123	0.599	0.612	0.344
2.300	0.014	0.357	0.141	0.379	0.405	0.357
2.333	0.020	0.365	0.162	0.250	0.298	0.366
2.366	0.026	0.368	0.176	0.078	0.193	0.369
2.400	0.032	0.364	0.200	-0.113	0.229	0.365
2.433	0.039	0.355	0.196	-0.278	0.340	0.357
2.466	0.046	0.340	0.220	-0.440	0.492	0.343
2.499	0.053	0.321	0.217	-0.562	0.603	0.326
2.533	0.061	0.299	0.216	-0.662	0.696	0.305
2.566	0.066	0.274	0.163	-0.761	0.778	0.282
2.599	0.072	0.245	0.166	-0.882	0.897	0.255
2.633	0.076	0.214	0.127	-0.905	0.913	0.227
2.666	0.079	0.185	0.108	-0.896	0.902	0.201
2.699	0.084	0.153	0.124	-0.951	0.959	0.174
2.733	0.085	0.123	0.038	-0.898	0.899	0.149
2.766	0.085	0.095	0.010	-0.852	0.852	0.127

2.799	0.086	0.070	0.026	-0.745	0.745	0.111
2.833	0.084	0.048	-0.074	-0.651	0.655	0.096
2.866	0.081	0.029	-0.073	-0.577	0.581	0.086
2.899	0.079	0.015	-0.079	-0.403	0.410	0.080
2.933	0.074	0.007	-0.122	-0.241	0.270	0.075
2.966	0.070	0.004	-0.149	-0.089	0.174	0.070
2.999	0.065	0.006	-0.133	0.050	0.142	0.065
3.033	0.059	0.014	-0.191	0.225	0.295	0.060
3.066	0.051	0.028	-0.231	0.421	0.480	0.058
3.099	0.044	0.046	-0.198	0.555	0.590	0.064
3.133	0.037	0.069	-0.230	0.687	0.725	0.078
3.166	0.028	0.098	-0.252	0.884	0.919	0.102
3.200	0.023	0.126	-0.151	0.819	0.832	0.128
3.233	0.018	0.159	-0.148	0.988	0.999	0.160
3.266	0.012	0.192	-0.184	0.987	1.004	0.192
3.299	0.009	0.224	-0.108	0.959	0.965	0.224
3.333	0.004	0.255	-0.130	0.958	0.967	0.255
3.366	0.001	0.285	-0.087	0.877	0.881	0.285
3.400	0.000	0.311	-0.036	0.798	0.799	0.311
3.433	0.001	0.332	0.013	0.631	0.631	0.332
3.466	0.002	0.349	0.032	0.501	0.502	0.349
3.499	0.004	0.360	0.078	0.324	0.333	0.360
3.533	0.007	0.366	0.087	0.176	0.197	0.366
3.566	0.012	0.365	0.136	-0.015	0.137	0.365
3.599	0.017	0.360	0.155	-0.167	0.228	0.360
3.633	0.022	0.349	0.156	-0.304	0.341	0.350
3.666	0.029	0.333	0.209	-0.483	0.527	0.334
3.699	0.036	0.313	0.195	-0.625	0.654	0.315
3.733	0.042	0.289	0.180	-0.699	0.721	0.292
3.766	0.049	0.263	0.224	-0.798	0.829	0.267
3.799	0.055	0.233	0.184	-0.897	0.916	0.239
3.833	0.062	0.202	0.193	-0.923	0.943	0.211
3.866	0.067	0.172	0.153	-0.902	0.915	0.184
3.899	0.071	0.143	0.134	-0.873	0.883	0.160
3.933	0.077	0.112	0.160	-0.917	0.931	0.136
3.966	0.080	0.085	0.090	-0.832	0.837	0.116
3.999	0.082	0.061	0.065	-0.696	0.699	0.102
4.032	0.083	0.042	0.030	-0.594	0.595	0.093
4.066	0.083	0.024	0.021	-0.510	0.511	0.087
4.099	0.084	0.011	0.005	-0.392	0.392	0.084
4.132	0.082	0.005	-0.036	-0.180	0.184	0.083
4.166	0.080	0.004	-0.058	-0.030	0.066	0.081
4.199	0.077	0.009	-0.095	0.139	0.168	0.078
4.232	0.072	0.019	-0.160	0.300	0.340	0.074

4.266	0.067	0.034	-0.145	0.464	0.486	0.075
4.299	0.060	0.055	-0.205	0.617	0.650	0.082
4.333	0.053	0.079	-0.207	0.723	0.752	0.096
4.366	0.046	0.109	-0.221	0.894	0.921	0.118
4.399	0.041	0.139	-0.155	0.891	0.904	0.144
4.432	0.034	0.172	-0.192	0.994	1.013	0.175
4.466	0.027	0.204	-0.231	0.966	0.994	0.206
4.499	0.021	0.236	-0.181	0.952	0.969	0.237
4.532	0.015	0.267	-0.181	0.950	0.968	0.268
4.566	0.010	0.294	-0.136	0.804	0.815	0.294
4.599	0.005	0.320	-0.147	0.766	0.779	0.320
4.632	0.003	0.338	-0.065	0.563	0.567	0.338
4.666	0.002	0.353	-0.039	0.426	0.428	0.353
4.699	0.001	0.362	-0.024	0.290	0.291	0.362
4.732	0.001	0.366	0.004	0.108	0.108	0.366
4.766	0.003	0.363	0.051	-0.092	0.105	0.363
4.799	0.006	0.355	0.083	-0.241	0.255	0.355
4.832	0.008	0.343	0.083	-0.345	0.355	0.343
4.866	0.013	0.325	0.153	-0.541	0.562	0.325
4.899	0.019	0.303	0.168	-0.673	0.693	0.303
4.932	0.025	0.278	0.169	-0.750	0.769	0.279
4.966	0.031	0.251	0.181	-0.796	0.816	0.253
4.999	0.038	0.221	0.230	-0.916	0.945	0.224
5.032	0.043	0.190	0.153	-0.927	0.940	0.195
5.066	0.050	0.159	0.197	-0.912	0.933	0.167
5.099	0.055	0.131	0.162	-0.844	0.859	0.143
5.132	0.062	0.103	0.191	-0.853	0.875	0.120
5.166	0.068	0.076	0.191	-0.805	0.828	0.102
5.199	0.072	0.054	0.104	-0.659	0.667	0.090
5.232	0.075	0.035	0.112	-0.561	0.572	0.083
5.266	0.079	0.020	0.112	-0.457	0.470	0.082
5.299	0.082	0.010	0.089	-0.312	0.325	0.083
5.332	0.085	0.005	0.078	-0.150	0.169	0.085
5.366	0.085	0.006	0.010	0.037	0.039	0.085
5.399	0.085	0.013	-0.012	0.209	0.209	0.086
5.432	0.082	0.026	-0.078	0.385	0.393	0.086
5.466	0.079	0.043	-0.081	0.501	0.508	0.090
5.499	0.074	0.065	-0.146	0.687	0.702	0.099
5.532	0.069	0.091	-0.158	0.765	0.781	0.114
5.566	0.063	0.121	-0.175	0.885	0.902	0.136
5.599	0.057	0.151	-0.176	0.919	0.936	0.162
5.632	0.052	0.183	-0.162	0.969	0.983	0.191
5.666	0.045	0.216	-0.222	0.972	0.997	0.220
5.699	0.037	0.247	-0.235	0.933	0.962	0.250

5.732	0.029	0.277	-0.226	0.913	0.940	0.279
5.765	0.024	0.303	-0.171	0.783	0.801	0.304
5.799	0.018	0.326	-0.157	0.692	0.710	0.327
5.832	0.012	0.344	-0.190	0.523	0.556	0.344
5.865	0.008	0.356	-0.112	0.355	0.373	0.356
5.899	0.004	0.363	-0.116	0.216	0.245	0.363
5.932	0.002	0.364	-0.074	0.047	0.088	0.364
5.965	0.002	0.359	-0.014	-0.155	0.156	0.359
5.999	0.002	0.349	0.006	-0.303	0.303	0.349
6.032	0.002	0.335	0.023	-0.415	0.416	0.335
6.066	0.005	0.316	0.071	-0.588	0.593	0.316
6.099	0.008	0.293	0.090	-0.695	0.701	0.293
6.132	0.011	0.266	0.101	-0.786	0.792	0.267
6.165	0.015	0.239	0.118	-0.816	0.825	0.240
6.199	0.021	0.209	0.170	-0.895	0.911	0.210
6.232	0.027	0.178	0.197	-0.937	0.957	0.180
6.265	0.033	0.148	0.173	-0.906	0.922	0.152
6.299	0.039	0.120	0.164	-0.831	0.847	0.126
6.332	0.046	0.093	0.209	-0.819	0.845	0.103
6.366	0.052	0.069	0.186	-0.729	0.753	0.086
6.399	0.058	0.048	0.194	-0.636	0.664	0.075
6.432	0.063	0.031	0.155	-0.502	0.526	0.070
6.465	0.069	0.018	0.184	-0.392	0.433	0.072
6.499	0.075	0.010	0.161	-0.246	0.293	0.075
6.532	0.079	0.007	0.135	-0.076	0.155	0.080
6.565	0.082	0.010	0.081	0.100	0.129	0.083
6.599	0.084	0.020	0.054	0.276	0.281	0.086
6.632	0.086	0.033	0.055	0.399	0.403	0.092
6.665	0.085	0.052	-0.033	0.560	0.561	0.099
6.699	0.083	0.077	-0.053	0.752	0.753	0.113
6.732	0.080	0.103	-0.087	0.784	0.789	0.130
6.765	0.078	0.132	-0.059	0.893	0.894	0.154
6.799	0.073	0.164	-0.157	0.935	0.948	0.179
6.832	0.069	0.196	-0.112	0.979	0.986	0.208
6.865	0.061	0.229	-0.248	0.987	1.018	0.237
6.899	0.055	0.258	-0.179	0.871	0.889	0.264
6.932	0.047	0.289	-0.243	0.915	0.947	0.292
6.965	0.040	0.312	-0.197	0.701	0.728	0.315
6.999	0.033	0.333	-0.199	0.630	0.661	0.335
7.032	0.026	0.348	-0.222	0.456	0.508	0.349
7.065	0.020	0.358	-0.179	0.300	0.350	0.359
7.099	0.015	0.363	-0.158	0.146	0.215	0.363
7.132	0.010	0.362	-0.132	-0.040	0.138	0.362
7.165	0.007	0.355	-0.111	-0.195	0.224	0.355

7.198	0.004	0.344	-0.092	-0.348	0.360	0.344
7.232	0.002	0.327	-0.047	-0.501	0.503	0.327
7.265	0.002	0.307	-0.015	-0.597	0.597	0.307
7.298	0.002	0.282	0.008	-0.755	0.756	0.282
7.332	0.003	0.255	0.036	-0.814	0.815	0.255
7.365	0.006	0.226	0.073	-0.857	0.860	0.226
7.398	0.008	0.198	0.076	-0.858	0.861	0.198
7.432	0.014	0.166	0.168	-0.944	0.959	0.167
7.465	0.018	0.137	0.122	-0.886	0.894	0.138
7.498	0.023	0.109	0.156	-0.837	0.852	0.111
7.532	0.029	0.084	0.169	-0.748	0.767	0.089
7.565	0.035	0.061	0.187	-0.676	0.702	0.070
7.599	0.042	0.042	0.219	-0.569	0.609	0.060
7.632	0.049	0.027	0.206	-0.445	0.490	0.056
7.665	0.055	0.017	0.187	-0.328	0.377	0.058
7.698	0.062	0.011	0.205	-0.165	0.263	0.063
7.732	0.068	0.010	0.190	-0.019	0.191	0.069
7.765	0.072	0.017	0.115	0.183	0.217	0.074
7.799	0.078	0.026	0.186	0.292	0.346	0.083
7.832	0.082	0.043	0.098	0.491	0.500	0.092
7.865	0.084	0.062	0.077	0.578	0.583	0.104
7.898	0.085	0.088	0.024	0.788	0.789	0.122
7.932	0.085	0.115	-0.010	0.819	0.819	0.143
7.965	0.084	0.147	-0.010	0.946	0.946	0.169
7.998	0.083	0.177	-0.051	0.896	0.898	0.195
8.032	0.080	0.208	-0.069	0.952	0.954	0.223
8.065	0.074	0.241	-0.185	0.967	0.985	0.252
8.098	0.070	0.269	-0.138	0.861	0.872	0.278
8.132	0.062	0.298	-0.216	0.843	0.870	0.304
8.165	0.057	0.319	-0.150	0.649	0.667	0.324
8.198	0.050	0.339	-0.234	0.591	0.635	0.343
8.232	0.043	0.353	-0.196	0.410	0.455	0.355
8.265	0.037	0.360	-0.178	0.220	0.283	0.362
8.298	0.030	0.362	-0.215	0.077	0.228	0.364
8.332	0.024	0.358	-0.174	-0.125	0.214	0.359
8.365	0.018	0.350	-0.174	-0.257	0.310	0.350
8.398	0.014	0.336	-0.140	-0.414	0.437	0.336
8.432	0.009	0.318	-0.134	-0.547	0.564	0.318
8.465	0.005	0.297	-0.112	-0.630	0.640	0.297
8.498	0.004	0.270	-0.032	-0.785	0.786	0.270
8.532	0.003	0.243	-0.053	-0.842	0.844	0.243
8.565	0.002	0.213	-0.010	-0.871	0.871	0.214
8.598	0.003	0.184	0.025	-0.871	0.872	0.185
8.631	0.005	0.155	0.067	-0.891	0.893	0.155

8.665	0.008	0.125	0.085	-0.880	0.884	0.126
8.698	0.011	0.098	0.078	-0.813	0.817	0.099
8.732	0.016	0.075	0.144	-0.714	0.728	0.076
8.765	0.020	0.054	0.124	-0.622	0.634	0.057
8.798	0.026	0.035	0.197	-0.558	0.592	0.044
8.831	0.033	0.022	0.198	-0.406	0.452	0.039
8.865	0.040	0.013	0.206	-0.250	0.324	0.042
8.898	0.047	0.010	0.214	-0.090	0.232	0.048
8.931	0.054	0.013	0.209	0.083	0.225	0.055
8.965	0.061	0.020	0.199	0.212	0.291	0.064
8.998	0.067	0.033	0.188	0.393	0.436	0.075
9.031	0.072	0.051	0.169	0.546	0.572	0.089
9.065	0.077	0.073	0.131	0.655	0.668	0.106
9.098	0.080	0.100	0.111	0.813	0.820	0.129
9.131	0.085	0.128	0.133	0.817	0.828	0.153
9.165	0.086	0.159	0.037	0.934	0.935	0.181
9.198	0.086	0.191	-0.006	0.947	0.947	0.209
9.231	0.086	0.222	-0.008	0.936	0.936	0.238
9.265	0.083	0.253	-0.091	0.940	0.945	0.266
9.298	0.081	0.280	-0.060	0.812	0.815	0.291
9.331	0.076	0.306	-0.130	0.797	0.808	0.316
9.365	0.071	0.327	-0.152	0.610	0.629	0.335
9.398	0.066	0.344	-0.170	0.503	0.530	0.350
9.432	0.059	0.355	-0.188	0.328	0.378	0.360

Lampiran 6. Data Analisis *Tracker* Variasi Panjang Rentang Pegas 20 cm

t	x	y	vx	vy	v	r
0.000	0.068	0.331				
0.033	0.074	0.326	0.158	-0.155	0.222	0.334
0.067	0.078	0.316	0.132	-0.297	0.325	0.326
0.100	0.083	0.302	0.137	-0.440	0.461	0.313
0.133	0.088	0.283	0.149	-0.557	0.576	0.296
0.167	0.087	0.261	-0.013	-0.672	0.672	0.275
0.200	0.089	0.235	0.070	-0.782	0.785	0.251
0.233	0.089	0.209	0.000	-0.782	0.782	0.227
0.267	0.086	0.181	-0.102	-0.815	0.821	0.201
0.300	0.085	0.152	-0.041	-0.870	0.871	0.174
0.334	0.082	0.124	-0.068	-0.847	0.850	0.149
0.367	0.077	0.098	-0.166	-0.782	0.799	0.125
0.400	0.073	0.074	-0.108	-0.726	0.734	0.104
0.433	0.069	0.052	-0.137	-0.654	0.669	0.086
0.467	0.059	0.034	-0.294	-0.552	0.625	0.068
0.500	0.053	0.018	-0.184	-0.457	0.492	0.056
0.533	0.047	0.008	-0.177	-0.322	0.367	0.048
0.567	0.042	0.002	-0.148	-0.170	0.225	0.042
0.600	0.035	0.002	-0.216	-0.016	0.216	0.035
0.633	0.030	0.006	-0.156	0.121	0.198	0.030
0.667	0.023	0.015	-0.198	0.270	0.334	0.027
0.700	0.017	0.028	-0.192	0.415	0.457	0.033
0.733	0.015	0.046	-0.049	0.533	0.535	0.049
0.767	0.007	0.069	-0.237	0.694	0.733	0.070
0.800	0.005	0.093	-0.053	0.724	0.725	0.094
0.833	0.004	0.121	-0.026	0.843	0.843	0.122
0.867	0.006	0.151	0.049	0.872	0.873	0.151
0.900	0.007	0.179	0.016	0.859	0.859	0.179
0.933	0.006	0.210	-0.027	0.907	0.908	0.210
0.966	0.009	0.237	0.090	0.826	0.831	0.237
1.000	0.012	0.264	0.116	0.820	0.828	0.264
1.033	0.021	0.285	0.260	0.629	0.681	0.286
1.066	0.028	0.303	0.213	0.543	0.583	0.305
1.100	0.031	0.318	0.087	0.434	0.442	0.319
1.133	0.042	0.326	0.318	0.261	0.411	0.329
1.167	0.048	0.330	0.183	0.117	0.217	0.334
1.200	0.053	0.328	0.167	-0.057	0.177	0.333
1.233	0.060	0.322	0.196	-0.207	0.285	0.327
1.266	0.068	0.309	0.236	-0.371	0.440	0.317
1.300	0.074	0.293	0.182	-0.494	0.526	0.302

1.333	0.076	0.274	0.076	-0.577	0.582	0.284
1.367	0.084	0.250	0.228	-0.693	0.730	0.264
1.400	0.088	0.224	0.106	-0.792	0.800	0.241
1.433	0.085	0.197	-0.068	-0.821	0.824	0.214
1.466	0.090	0.169	0.130	-0.831	0.841	0.191
1.500	0.088	0.141	-0.058	-0.849	0.851	0.166
1.533	0.089	0.113	0.052	-0.833	0.835	0.144
1.566	0.084	0.087	-0.150	-0.766	0.781	0.121
1.600	0.083	0.065	-0.051	-0.685	0.686	0.105
1.633	0.080	0.044	-0.080	-0.622	0.627	0.091
1.666	0.076	0.026	-0.131	-0.532	0.548	0.080
1.700	0.071	0.013	-0.148	-0.392	0.419	0.072
1.733	0.067	0.006	-0.110	-0.222	0.248	0.067
1.766	0.061	0.003	-0.180	-0.085	0.199	0.061
1.800	0.055	0.004	-0.196	0.026	0.198	0.055
1.833	0.043	0.009	-0.343	0.163	0.380	0.044
1.866	0.036	0.021	-0.213	0.346	0.407	0.042
1.900	0.028	0.037	-0.242	0.483	0.540	0.046
1.933	0.021	0.056	-0.195	0.584	0.616	0.060
1.966	0.017	0.080	-0.143	0.704	0.719	0.081
2.000	0.009	0.106	-0.218	0.789	0.819	0.106
2.033	0.011	0.134	0.058	0.844	0.846	0.135
2.066	0.009	0.163	-0.080	0.879	0.882	0.164
2.100	0.006	0.192	-0.077	0.842	0.845	0.192
2.133	0.002	0.221	-0.122	0.891	0.899	0.221
2.166	0.002	0.247	-0.004	0.773	0.773	0.247
2.200	0.004	0.272	0.052	0.764	0.766	0.272
2.233	0.009	0.292	0.169	0.601	0.624	0.292
2.266	0.012	0.309	0.094	0.501	0.509	0.309
2.300	0.015	0.321	0.084	0.368	0.377	0.322
2.333	0.021	0.327	0.176	0.181	0.252	0.328
2.366	0.028	0.328	0.203	0.034	0.206	0.330
2.400	0.034	0.325	0.184	-0.113	0.216	0.326
2.433	0.042	0.316	0.248	-0.258	0.358	0.319
2.466	0.049	0.302	0.201	-0.410	0.457	0.306
2.500	0.055	0.285	0.170	-0.528	0.555	0.290
2.533	0.062	0.264	0.214	-0.626	0.661	0.271
2.566	0.067	0.240	0.146	-0.711	0.726	0.249
2.599	0.072	0.214	0.153	-0.799	0.814	0.225
2.633	0.077	0.185	0.149	-0.849	0.862	0.201
2.666	0.082	0.157	0.150	-0.850	0.863	0.177
2.700	0.084	0.130	0.064	-0.822	0.825	0.154
2.733	0.089	0.102	0.146	-0.821	0.834	0.135
2.766	0.086	0.077	-0.080	-0.750	0.754	0.116

2.799	0.086	0.055	-0.004	-0.672	0.672	0.102
2.833	0.086	0.036	0.016	-0.552	0.552	0.094
2.866	0.085	0.021	-0.046	-0.473	0.475	0.087
2.899	0.083	0.009	-0.063	-0.343	0.349	0.083
2.933	0.078	0.003	-0.146	-0.175	0.228	0.078
2.966	0.075	0.002	-0.089	-0.036	0.096	0.075
2.999	0.065	0.005	-0.315	0.087	0.326	0.065
3.033	0.058	0.013	-0.209	0.243	0.321	0.059
3.066	0.052	0.026	-0.173	0.399	0.435	0.058
3.099	0.044	0.045	-0.247	0.556	0.608	0.063
3.133	0.037	0.066	-0.210	0.622	0.656	0.075
3.166	0.030	0.091	-0.211	0.766	0.795	0.096
3.199	0.026	0.117	-0.115	0.784	0.792	0.120
3.233	0.019	0.146	-0.208	0.857	0.882	0.147
3.266	0.013	0.175	-0.181	0.877	0.896	0.176
3.300	0.010	0.203	-0.087	0.830	0.834	0.203
3.333	0.005	0.232	-0.147	0.871	0.883	0.232
3.366	0.002	0.257	-0.080	0.749	0.753	0.257
3.399	0.000	0.281	-0.069	0.720	0.723	0.281
3.433	0.007	0.298	0.211	0.525	0.566	0.298
3.466	0.006	0.312	-0.024	0.418	0.419	0.312
3.499	0.008	0.322	0.057	0.302	0.307	0.322
3.533	0.012	0.327	0.105	0.135	0.171	0.327
3.566	0.015	0.326	0.103	-0.016	0.105	0.327
3.599	0.021	0.320	0.165	-0.182	0.246	0.321
3.633	0.027	0.310	0.187	-0.300	0.354	0.311
3.666	0.033	0.295	0.188	-0.447	0.485	0.297
3.699	0.039	0.275	0.187	-0.598	0.627	0.278
3.732	0.046	0.253	0.211	-0.661	0.694	0.258
3.766	0.050	0.230	0.102	-0.710	0.717	0.235
3.799	0.057	0.202	0.205	-0.824	0.849	0.210
3.832	0.063	0.174	0.200	-0.860	0.883	0.185
3.866	0.070	0.145	0.191	-0.846	0.868	0.161
3.899	0.076	0.118	0.202	-0.807	0.832	0.141
3.933	0.082	0.092	0.158	-0.787	0.803	0.123
3.966	0.086	0.068	0.133	-0.737	0.749	0.109
3.999	0.085	0.046	-0.018	-0.651	0.652	0.097
4.033	0.086	0.029	0.022	-0.522	0.523	0.091
4.066	0.088	0.015	0.058	-0.408	0.412	0.089
4.099	0.089	0.006	0.030	-0.275	0.277	0.089
4.133	0.088	0.002	-0.020	-0.124	0.126	0.088
4.166	0.086	0.002	-0.062	0.008	0.063	0.086
4.199	0.082	0.008	-0.127	0.184	0.224	0.083
4.232	0.072	0.017	-0.311	0.285	0.422	0.074

4.266	0.067	0.033	-0.137	0.451	0.471	0.075
4.299	0.060	0.053	-0.205	0.600	0.634	0.080
4.332	0.054	0.075	-0.199	0.665	0.694	0.092
4.366	0.046	0.101	-0.232	0.797	0.830	0.111
4.399	0.044	0.129	-0.045	0.833	0.834	0.136
4.432	0.033	0.157	-0.338	0.842	0.907	0.160
4.466	0.028	0.186	-0.147	0.877	0.889	0.188
4.499	0.023	0.214	-0.157	0.827	0.842	0.215
4.532	0.015	0.242	-0.248	0.843	0.879	0.242
4.566	0.008	0.266	-0.200	0.708	0.735	0.266
4.599	0.006	0.287	-0.050	0.633	0.635	0.287
4.633	0.008	0.303	0.049	0.496	0.498	0.303
4.666	0.007	0.315	-0.041	0.353	0.355	0.315
4.699	0.005	0.323	-0.050	0.244	0.249	0.323
4.732	0.005	0.325	0.012	0.069	0.070	0.326
4.766	0.006	0.323	0.027	-0.083	0.087	0.323
4.799	0.010	0.315	0.099	-0.228	0.249	0.315
4.832	0.013	0.303	0.107	-0.362	0.378	0.303
4.866	0.019	0.287	0.165	-0.479	0.507	0.288
4.899	0.025	0.266	0.180	-0.618	0.643	0.268
4.932	0.026	0.244	0.037	-0.683	0.684	0.245
4.966	0.033	0.219	0.205	-0.755	0.782	0.221
4.999	0.039	0.192	0.190	-0.807	0.830	0.196
5.032	0.046	0.163	0.211	-0.865	0.891	0.169
5.066	0.054	0.134	0.240	-0.851	0.884	0.145
5.099	0.061	0.108	0.197	-0.797	0.821	0.124
5.132	0.065	0.083	0.114	-0.741	0.749	0.105
5.166	0.075	0.059	0.322	-0.715	0.784	0.096
5.199	0.076	0.039	0.029	-0.626	0.627	0.085
5.232	0.077	0.023	0.026	-0.467	0.468	0.080
5.265	0.080	0.011	0.078	-0.346	0.355	0.081
5.299	0.084	0.003	0.115	-0.264	0.288	0.084
5.332	0.085	0.000	0.054	-0.079	0.096	0.085
5.366	0.086	0.002	0.005	0.075	0.075	0.086
5.399	0.085	0.010	-0.028	0.234	0.236	0.085
5.432	0.087	0.024	0.074	0.403	0.410	0.090
5.466	0.083	0.040	-0.124	0.493	0.509	0.092
5.499	0.074	0.061	-0.280	0.624	0.684	0.096
5.532	0.068	0.084	-0.154	0.695	0.712	0.109
5.565	0.064	0.111	-0.123	0.821	0.831	0.129
5.599	0.056	0.140	-0.237	0.856	0.888	0.151
5.632	0.049	0.168	-0.209	0.843	0.868	0.175
5.665	0.043	0.197	-0.179	0.883	0.901	0.202
5.699	0.037	0.224	-0.188	0.801	0.823	0.227

5.732	0.028	0.251	-0.273	0.816	0.861	0.253
5.765	0.022	0.274	-0.194	0.668	0.695	0.274
5.799	0.019	0.293	-0.070	0.568	0.572	0.293
5.832	0.016	0.308	-0.094	0.451	0.461	0.308
5.866	0.011	0.317	-0.167	0.293	0.338	0.318
5.899	0.008	0.323	-0.080	0.164	0.182	0.323
5.932	0.005	0.323	-0.077	0.018	0.079	0.324
5.965	0.004	0.319	-0.045	-0.122	0.130	0.319
5.999	0.004	0.310	-0.003	-0.292	0.292	0.310
6.032	0.006	0.296	0.055	-0.416	0.419	0.296
6.065	0.007	0.278	0.045	-0.524	0.525	0.278
6.099	0.010	0.257	0.080	-0.639	0.644	0.257
6.132	0.014	0.233	0.132	-0.731	0.743	0.233
6.166	0.016	0.208	0.061	-0.743	0.745	0.208
6.199	0.025	0.181	0.278	-0.811	0.858	0.183
6.232	0.030	0.152	0.127	-0.858	0.867	0.155
6.265	0.038	0.124	0.250	-0.847	0.883	0.130
6.299	0.045	0.098	0.214	-0.783	0.812	0.108
6.332	0.048	0.074	0.092	-0.711	0.717	0.089
6.365	0.061	0.053	0.386	-0.644	0.751	0.081
6.399	0.063	0.032	0.054	-0.609	0.611	0.071
6.432	0.069	0.018	0.195	-0.440	0.482	0.072
6.466	0.072	0.007	0.072	-0.310	0.318	0.072
6.499	0.078	0.001	0.186	-0.181	0.260	0.078
6.532	0.087	0.002	0.274	0.023	0.275	0.087
6.565	0.085	0.005	-0.064	0.087	0.108	0.085
6.599	0.087	0.014	0.048	0.272	0.276	0.088
6.632	0.086	0.029	-0.004	0.433	0.433	0.091
6.665	0.090	0.047	0.101	0.558	0.567	0.101
6.699	0.083	0.070	-0.203	0.686	0.716	0.109
6.732	0.079	0.095	-0.136	0.765	0.777	0.124
6.765	0.077	0.122	-0.031	0.798	0.799	0.145
6.799	0.072	0.151	-0.165	0.872	0.888	0.167
6.832	0.067	0.179	-0.151	0.838	0.852	0.191
6.865	0.059	0.209	-0.226	0.892	0.920	0.217
6.899	0.054	0.234	-0.160	0.773	0.790	0.241
6.932	0.045	0.260	-0.279	0.769	0.818	0.264
6.965	0.044	0.281	-0.034	0.619	0.620	0.284
6.999	0.037	0.298	-0.208	0.528	0.567	0.301
7.032	0.030	0.311	-0.191	0.388	0.432	0.313
7.065	0.024	0.319	-0.199	0.235	0.308	0.320
7.099	0.017	0.323	-0.187	0.105	0.215	0.323
7.132	0.012	0.321	-0.152	-0.049	0.160	0.321
7.165	0.009	0.314	-0.116	-0.196	0.228	0.315

7.199	0.007	0.303	-0.055	-0.330	0.335	0.303
7.232	0.006	0.288	-0.022	-0.470	0.471	0.288
7.265	0.006	0.270	-0.006	-0.535	0.535	0.270
7.299	0.004	0.248	-0.043	-0.667	0.668	0.248
7.332	0.008	0.222	0.107	-0.767	0.774	0.222
7.365	0.008	0.196	-0.010	-0.780	0.780	0.196
7.398	0.011	0.170	0.104	-0.790	0.797	0.170
7.432	0.016	0.142	0.157	-0.824	0.839	0.143
7.465	0.022	0.115	0.172	-0.822	0.840	0.117
7.499	0.026	0.089	0.114	-0.766	0.775	0.093
7.532	0.034	0.066	0.253	-0.691	0.736	0.075
7.565	0.041	0.046	0.205	-0.619	0.652	0.061
7.598	0.049	0.029	0.229	-0.517	0.565	0.056
7.632	0.057	0.015	0.255	-0.413	0.485	0.059
7.665	0.059	0.006	0.067	-0.270	0.278	0.060
7.698	0.066	0.002	0.203	-0.120	0.236	0.066
7.732	0.072	0.003	0.183	0.034	0.186	0.072
7.765	0.077	0.009	0.150	0.172	0.228	0.078
7.798	0.081	0.020	0.115	0.340	0.359	0.083
7.832	0.084	0.036	0.077	0.480	0.486	0.091
7.865	0.089	0.055	0.177	0.586	0.612	0.105
7.899	0.088	0.079	-0.035	0.706	0.707	0.119
7.932	0.088	0.105	-0.014	0.768	0.768	0.137
7.965	0.085	0.133	-0.072	0.864	0.867	0.158
7.999	0.082	0.162	-0.116	0.863	0.871	0.182
8.032	0.081	0.190	-0.007	0.842	0.842	0.207
8.065	0.074	0.219	-0.216	0.865	0.891	0.231
8.098	0.068	0.244	-0.188	0.764	0.787	0.254
8.132	0.061	0.269	-0.211	0.741	0.770	0.276
8.165	0.054	0.288	-0.205	0.573	0.609	0.293
8.198	0.050	0.303	-0.110	0.444	0.457	0.307
8.232	0.044	0.314	-0.183	0.335	0.381	0.317
8.265	0.038	0.320	-0.198	0.180	0.267	0.322
8.298	0.030	0.322	-0.215	0.044	0.219	0.323
8.332	0.024	0.318	-0.194	-0.115	0.226	0.319
8.365	0.019	0.310	-0.160	-0.239	0.288	0.310
8.398	0.015	0.297	-0.108	-0.390	0.405	0.297
8.432	0.012	0.280	-0.084	-0.507	0.514	0.280
8.465	0.008	0.260	-0.138	-0.591	0.607	0.260
8.498	0.006	0.238	-0.063	-0.676	0.679	0.238
8.532	0.002	0.212	-0.119	-0.755	0.765	0.212
8.565	0.002	0.186	0.021	-0.810	0.810	0.186
8.598	0.004	0.159	0.063	-0.810	0.812	0.159
8.632	0.008	0.132	0.106	-0.793	0.800	0.132

8.665	0.010	0.106	0.069	-0.792	0.795	0.106
8.698	0.014	0.081	0.101	-0.744	0.751	0.082
8.732	0.019	0.059	0.176	-0.662	0.685	0.062
8.765	0.025	0.040	0.154	-0.564	0.584	0.047
8.798	0.033	0.024	0.268	-0.489	0.558	0.041
8.832	0.035	0.012	0.059	-0.340	0.345	0.038
8.865	0.049	0.006	0.406	-0.196	0.451	0.049
8.898	0.056	0.004	0.224	-0.069	0.235	0.057
8.932	0.059	0.006	0.074	0.072	0.103	0.059
8.965	0.069	0.014	0.316	0.238	0.396	0.071
8.998	0.071	0.026	0.036	0.367	0.368	0.075
9.032	0.076	0.044	0.150	0.523	0.545	0.087
9.065	0.082	0.064	0.203	0.625	0.658	0.105
9.098	0.085	0.089	0.088	0.749	0.754	0.124
9.131	0.086	0.115	0.034	0.778	0.779	0.144
9.165	0.087	0.144	0.002	0.868	0.868	0.168
9.198	0.090	0.174	0.106	0.878	0.884	0.195
9.231	0.087	0.201	-0.097	0.835	0.840	0.219
9.265	0.083	0.230	-0.119	0.848	0.857	0.244
9.298	0.079	0.254	-0.103	0.725	0.732	0.266
9.331	0.075	0.276	-0.135	0.679	0.692	0.286
9.365	0.072	0.294	-0.078	0.524	0.530	0.303
9.398	0.068	0.308	-0.127	0.423	0.442	0.315
9.431	0.062	0.317	-0.196	0.275	0.338	0.323

Lampiran 7. Data analisis *Tracker* Variasi Panjang Rentang Pegas 23 cm

t	x	y	vx	vy	v	r
0.000	0.091	0.267				
0.033	0.099	0.268	0.226	0.049	0.231	0.286
0.067	0.106	0.266	0.208	-0.074	0.221	0.286
0.100	0.112	0.258	0.202	-0.235	0.310	0.281
0.133	0.117	0.248	0.129	-0.299	0.326	0.274
0.167	0.120	0.234	0.091	-0.404	0.414	0.263
0.200	0.121	0.217	0.042	-0.519	0.521	0.249
0.234	0.122	0.197	0.035	-0.582	0.583	0.232
0.267	0.120	0.177	-0.079	-0.620	0.625	0.214
0.300	0.117	0.154	-0.088	-0.688	0.694	0.193
0.333	0.112	0.130	-0.141	-0.709	0.723	0.172
0.367	0.106	0.107	-0.166	-0.692	0.712	0.151
0.400	0.099	0.086	-0.211	-0.640	0.674	0.131
0.433	0.091	0.065	-0.258	-0.626	0.677	0.112
0.467	0.083	0.046	-0.222	-0.585	0.625	0.095
0.500	0.076	0.030	-0.237	-0.474	0.530	0.081
0.533	0.063	0.018	-0.388	-0.358	0.528	0.065
0.567	0.053	0.009	-0.300	-0.282	0.412	0.053
0.600	0.044	0.003	-0.253	-0.170	0.305	0.044
0.633	0.036	0.001	-0.235	-0.044	0.239	0.036
0.666	0.028	0.004	-0.263	0.091	0.279	0.028
0.700	0.020	0.012	-0.217	0.232	0.317	0.024
0.733	0.014	0.022	-0.188	0.307	0.360	0.027
0.766	0.008	0.037	-0.169	0.435	0.467	0.038
0.800	0.004	0.054	-0.141	0.510	0.529	0.054
0.833	0.002	0.073	-0.066	0.581	0.584	0.073
0.866	0.003	0.095	0.031	0.654	0.655	0.095
0.900	0.003	0.117	0.014	0.648	0.648	0.117
0.933	0.007	0.140	0.129	0.709	0.720	0.141
0.966	0.011	0.163	0.120	0.675	0.686	0.163
1.000	0.016	0.185	0.132	0.670	0.683	0.186
1.033	0.022	0.207	0.196	0.642	0.671	0.208
1.066	0.030	0.225	0.216	0.544	0.585	0.227
1.100	0.039	0.241	0.280	0.480	0.556	0.244
1.133	0.048	0.253	0.277	0.361	0.455	0.257
1.167	0.057	0.261	0.281	0.242	0.371	0.267
1.200	0.067	0.265	0.290	0.136	0.320	0.274
1.233	0.077	0.266	0.295	0.007	0.295	0.276
1.266	0.086	0.261	0.271	-0.122	0.298	0.275
1.300	0.096	0.253	0.301	-0.260	0.398	0.270

1.333	0.103	0.242	0.203	-0.324	0.382	0.263
1.367	0.109	0.228	0.191	-0.431	0.471	0.252
1.400	0.114	0.209	0.153	-0.556	0.577	0.238
1.433	0.118	0.189	0.107	-0.605	0.615	0.223
1.466	0.120	0.168	0.066	-0.624	0.627	0.207
1.500	0.122	0.145	0.069	-0.706	0.709	0.189
1.533	0.121	0.122	-0.045	-0.689	0.690	0.171
1.566	0.119	0.098	-0.042	-0.708	0.709	0.155
1.600	0.115	0.078	-0.147	-0.615	0.633	0.138
1.633	0.109	0.057	-0.157	-0.611	0.631	0.123
1.666	0.100	0.040	-0.281	-0.507	0.580	0.108
1.700	0.093	0.025	-0.215	-0.458	0.506	0.096
1.733	0.085	0.013	-0.240	-0.347	0.422	0.086
1.766	0.075	0.005	-0.280	-0.252	0.377	0.076
1.800	0.066	0.001	-0.285	-0.113	0.306	0.066
1.833	0.057	0.002	-0.271	0.012	0.272	0.057
1.866	0.047	0.006	-0.307	0.137	0.336	0.047
1.900	0.037	0.015	-0.302	0.258	0.397	0.040
1.933	0.028	0.027	-0.264	0.350	0.439	0.038
1.967	0.019	0.043	-0.250	0.483	0.544	0.047
2.000	0.015	0.060	-0.137	0.526	0.543	0.062
2.033	0.009	0.080	-0.178	0.604	0.629	0.081
2.066	0.004	0.103	-0.150	0.696	0.712	0.103
2.100	0.001	0.126	-0.081	0.665	0.670	0.126
2.133	0.003	0.149	0.042	0.711	0.712	0.149
2.166	0.002	0.172	-0.015	0.699	0.699	0.173
2.200	0.004	0.194	0.057	0.654	0.656	0.194
2.233	0.008	0.214	0.127	0.603	0.616	0.215
2.266	0.013	0.231	0.135	0.494	0.512	0.231
2.300	0.019	0.245	0.194	0.433	0.474	0.246
2.333	0.026	0.255	0.208	0.302	0.367	0.257
2.366	0.034	0.262	0.243	0.198	0.314	0.264
2.400	0.044	0.265	0.291	0.081	0.302	0.268
2.433	0.054	0.263	0.296	-0.052	0.300	0.268
2.466	0.064	0.257	0.294	-0.168	0.339	0.265
2.499	0.074	0.248	0.302	-0.287	0.417	0.258
2.533	0.083	0.235	0.270	-0.377	0.464	0.249
2.566	0.091	0.220	0.254	-0.466	0.531	0.238
2.599	0.100	0.201	0.255	-0.562	0.617	0.224
2.633	0.107	0.180	0.205	-0.620	0.653	0.209
2.666	0.112	0.159	0.154	-0.627	0.646	0.195
2.699	0.116	0.136	0.139	-0.709	0.723	0.179
2.733	0.119	0.112	0.096	-0.711	0.718	0.164
2.766	0.119	0.090	0.000	-0.659	0.659	0.150

2.799	0.119	0.070	-0.005	-0.594	0.594	0.138
2.833	0.118	0.050	-0.044	-0.597	0.598	0.128
2.866	0.115	0.033	-0.096	-0.518	0.527	0.119
2.899	0.111	0.019	-0.114	-0.412	0.428	0.113
2.933	0.106	0.009	-0.158	-0.303	0.342	0.106
2.966	0.099	0.002	-0.198	-0.209	0.288	0.099
3.000	0.091	0.000	-0.235	-0.057	0.242	0.091
3.033	0.079	0.002	-0.374	0.053	0.378	0.079
3.066	0.069	0.008	-0.294	0.182	0.346	0.069
3.099	0.059	0.018	-0.308	0.303	0.432	0.061
3.133	0.049	0.031	-0.284	0.386	0.479	0.058
3.166	0.039	0.049	-0.303	0.536	0.616	0.063
3.199	0.030	0.068	-0.287	0.574	0.642	0.074
3.233	0.024	0.089	-0.153	0.625	0.644	0.092
3.266	0.015	0.112	-0.278	0.703	0.756	0.113
3.299	0.009	0.135	-0.175	0.676	0.698	0.135
3.333	0.005	0.159	-0.132	0.733	0.745	0.159
3.366	0.002	0.181	-0.100	0.640	0.647	0.181
3.399	0.000	0.201	-0.045	0.624	0.626	0.201
3.433	0.000	0.220	-0.001	0.559	0.559	0.220
3.466	0.002	0.236	0.056	0.466	0.469	0.236
3.499	0.005	0.249	0.096	0.392	0.403	0.249
3.533	0.011	0.258	0.170	0.280	0.328	0.258
3.566	0.017	0.264	0.186	0.166	0.250	0.264
3.599	0.025	0.264	0.228	0.026	0.230	0.266
3.633	0.032	0.261	0.226	-0.098	0.246	0.263
3.666	0.041	0.254	0.258	-0.212	0.334	0.257
3.699	0.051	0.243	0.304	-0.348	0.462	0.248
3.733	0.060	0.229	0.281	-0.402	0.490	0.237
3.766	0.069	0.213	0.253	-0.484	0.546	0.224
3.799	0.079	0.193	0.320	-0.597	0.677	0.209
3.833	0.087	0.172	0.227	-0.638	0.677	0.193
3.866	0.095	0.150	0.251	-0.643	0.690	0.178
3.899	0.103	0.127	0.229	-0.695	0.732	0.164
3.933	0.109	0.104	0.191	-0.698	0.724	0.151
3.966	0.115	0.082	0.186	-0.667	0.692	0.141
3.999	0.116	0.062	0.026	-0.580	0.580	0.132
4.032	0.119	0.044	0.073	-0.547	0.552	0.127
4.066	0.121	0.028	0.056	-0.491	0.494	0.124
4.099	0.117	0.017	-0.116	-0.340	0.359	0.118
4.133	0.114	0.007	-0.070	-0.278	0.287	0.115
4.166	0.111	0.001	-0.100	-0.180	0.206	0.111
4.199	0.105	0.000	-0.170	-0.038	0.174	0.105
4.232	0.099	0.003	-0.204	0.088	0.222	0.099

4.266	0.090	0.011	-0.248	0.234	0.341	0.091
4.299	0.082	0.022	-0.265	0.338	0.429	0.084
4.333	0.071	0.037	-0.300	0.442	0.535	0.080
4.366	0.061	0.055	-0.305	0.553	0.632	0.082
4.399	0.051	0.075	-0.322	0.605	0.686	0.091
4.432	0.043	0.098	-0.232	0.671	0.710	0.107
4.466	0.033	0.121	-0.303	0.709	0.771	0.126
4.499	0.025	0.144	-0.235	0.679	0.719	0.146
4.532	0.019	0.167	-0.171	0.687	0.708	0.168
4.566	0.010	0.188	-0.266	0.645	0.697	0.189
4.599	0.006	0.209	-0.146	0.622	0.639	0.209
4.632	0.001	0.227	-0.129	0.532	0.548	0.227
4.666	0.000	0.241	-0.025	0.415	0.415	0.241
4.699	0.000	0.252	-0.010	0.347	0.347	0.252
4.732	0.002	0.259	0.045	0.205	0.210	0.259
4.766	0.005	0.262	0.091	0.091	0.129	0.262
4.799	0.009	0.262	0.125	-0.016	0.125	0.262
4.832	0.014	0.257	0.167	-0.141	0.218	0.257
4.866	0.021	0.249	0.190	-0.241	0.307	0.250
4.899	0.029	0.237	0.239	-0.364	0.435	0.238
4.932	0.037	0.222	0.249	-0.433	0.499	0.225
4.966	0.046	0.206	0.263	-0.502	0.566	0.211
4.999	0.056	0.185	0.306	-0.613	0.686	0.193
5.032	0.065	0.163	0.275	-0.657	0.712	0.176
5.066	0.074	0.142	0.268	-0.639	0.693	0.160
5.099	0.083	0.120	0.277	-0.670	0.725	0.146
5.132	0.091	0.097	0.240	-0.675	0.716	0.133
5.166	0.099	0.076	0.226	-0.645	0.683	0.124
5.199	0.105	0.057	0.205	-0.564	0.600	0.120
5.233	0.111	0.039	0.171	-0.524	0.551	0.118
5.266	0.117	0.024	0.180	-0.477	0.510	0.120
5.299	0.116	0.013	-0.040	-0.308	0.310	0.117
5.332	0.118	0.006	0.048	-0.222	0.227	0.118
5.366	0.118	0.002	0.001	-0.101	0.101	0.118
5.399	0.116	0.003	-0.043	0.008	0.044	0.116
5.432	0.112	0.007	-0.109	0.125	0.166	0.113
5.466	0.107	0.015	-0.167	0.241	0.293	0.108
5.499	0.100	0.027	-0.210	0.369	0.424	0.104
5.532	0.092	0.043	-0.229	0.460	0.514	0.102
5.565	0.084	0.062	-0.258	0.588	0.643	0.104
5.599	0.076	0.082	-0.239	0.590	0.636	0.112
5.632	0.066	0.105	-0.303	0.690	0.754	0.124
5.666	0.054	0.129	-0.333	0.723	0.796	0.140
5.699	0.045	0.152	-0.279	0.697	0.750	0.159

5.732	0.035	0.176	-0.294	0.714	0.772	0.179
5.765	0.027	0.196	-0.254	0.612	0.663	0.198
5.799	0.019	0.217	-0.245	0.608	0.655	0.217
5.832	0.012	0.232	-0.199	0.476	0.516	0.233
5.865	0.007	0.246	-0.160	0.395	0.426	0.246
5.899	0.003	0.255	-0.114	0.289	0.311	0.255
5.932	0.001	0.260	-0.055	0.156	0.165	0.260
5.965	0.000	0.262	-0.037	0.056	0.067	0.262
5.999	0.001	0.260	0.024	-0.064	0.069	0.260
6.032	0.003	0.254	0.069	-0.189	0.201	0.254
6.065	0.007	0.244	0.117	-0.290	0.313	0.244
6.099	0.012	0.231	0.146	-0.391	0.418	0.231
6.132	0.018	0.215	0.183	-0.477	0.511	0.216
6.165	0.025	0.198	0.198	-0.520	0.557	0.199
6.199	0.034	0.177	0.268	-0.626	0.681	0.180
6.232	0.042	0.156	0.245	-0.630	0.676	0.161
6.266	0.052	0.134	0.304	-0.645	0.713	0.144
6.299	0.061	0.112	0.282	-0.661	0.718	0.128
6.332	0.070	0.090	0.266	-0.663	0.714	0.114
6.365	0.078	0.070	0.245	-0.601	0.649	0.105
6.399	0.088	0.052	0.296	-0.549	0.623	0.102
6.432	0.097	0.036	0.260	-0.492	0.556	0.103
6.465	0.101	0.023	0.135	-0.393	0.416	0.104
6.499	0.107	0.012	0.171	-0.308	0.352	0.108
6.532	0.113	0.005	0.179	-0.213	0.278	0.113
6.565	0.116	0.003	0.102	-0.079	0.129	0.116
6.599	0.118	0.004	0.064	0.051	0.081	0.119
6.632	0.119	0.009	0.005	0.153	0.153	0.119
6.665	0.117	0.019	-0.058	0.285	0.290	0.118
6.698	0.113	0.033	-0.118	0.411	0.428	0.117
6.732	0.108	0.050	-0.137	0.516	0.534	0.119
6.765	0.102	0.070	-0.192	0.612	0.641	0.124
6.799	0.096	0.090	-0.169	0.609	0.632	0.132
6.832	0.087	0.114	-0.271	0.718	0.768	0.144
6.865	0.077	0.137	-0.302	0.685	0.749	0.157
6.899	0.069	0.160	-0.229	0.679	0.716	0.174
6.932	0.058	0.183	-0.353	0.700	0.784	0.192
6.965	0.048	0.203	-0.292	0.594	0.662	0.209
6.999	0.038	0.222	-0.286	0.575	0.643	0.225
7.032	0.029	0.237	-0.272	0.460	0.534	0.239
7.065	0.022	0.249	-0.224	0.348	0.414	0.250
7.098	0.014	0.257	-0.224	0.246	0.332	0.258
7.132	0.010	0.261	-0.142	0.106	0.177	0.261
7.165	0.005	0.261	-0.127	0.010	0.128	0.261

7.198	0.002	0.258	-0.103	-0.090	0.137	0.258
7.232	0.002	0.251	-0.013	-0.221	0.222	0.251
7.265	0.002	0.240	0.011	-0.322	0.322	0.240
7.298	0.003	0.225	0.044	-0.444	0.446	0.225
7.332	0.006	0.209	0.072	-0.501	0.506	0.209
7.365	0.010	0.190	0.123	-0.549	0.562	0.191
7.398	0.015	0.169	0.165	-0.628	0.650	0.170
7.432	0.023	0.148	0.223	-0.653	0.690	0.149
7.465	0.031	0.126	0.233	-0.640	0.681	0.130
7.498	0.039	0.105	0.250	-0.640	0.687	0.112
7.532	0.048	0.084	0.271	-0.632	0.687	0.097
7.565	0.057	0.064	0.276	-0.579	0.641	0.086
7.598	0.066	0.047	0.272	-0.514	0.581	0.081
7.632	0.075	0.033	0.277	-0.439	0.519	0.082
7.665	0.083	0.021	0.243	-0.359	0.434	0.086
7.698	0.092	0.012	0.247	-0.269	0.365	0.092
7.732	0.099	0.007	0.228	-0.135	0.265	0.100
7.765	0.106	0.006	0.206	-0.052	0.213	0.106
7.798	0.112	0.009	0.185	0.097	0.209	0.113
7.832	0.116	0.016	0.094	0.200	0.221	0.117
7.865	0.118	0.027	0.068	0.331	0.338	0.121
7.899	0.118	0.041	-0.001	0.424	0.424	0.125
7.932	0.117	0.058	-0.030	0.513	0.514	0.130
7.965	0.114	0.079	-0.095	0.639	0.646	0.138
7.998	0.111	0.099	-0.080	0.600	0.605	0.149
8.032	0.105	0.122	-0.171	0.701	0.722	0.161
8.065	0.099	0.145	-0.201	0.687	0.716	0.176
8.098	0.089	0.168	-0.277	0.692	0.745	0.191
8.132	0.080	0.191	-0.274	0.684	0.737	0.207
8.165	0.071	0.211	-0.262	0.582	0.638	0.222
8.198	0.060	0.229	-0.333	0.551	0.643	0.237
8.232	0.056	0.241	-0.120	0.362	0.382	0.247
8.265	0.041	0.253	-0.452	0.353	0.574	0.256
8.298	0.032	0.259	-0.273	0.198	0.337	0.261
8.332	0.029	0.260	-0.109	0.024	0.111	0.262
8.365	0.021	0.259	-0.240	-0.036	0.242	0.260
8.398	0.014	0.253	-0.188	-0.170	0.253	0.254
8.432	0.010	0.244	-0.131	-0.264	0.295	0.245
8.465	0.004	0.233	-0.169	-0.345	0.384	0.233
8.498	0.003	0.217	-0.055	-0.473	0.476	0.217
8.532	0.002	0.200	-0.016	-0.518	0.518	0.200
8.565	0.003	0.182	0.017	-0.551	0.551	0.182
8.598	0.006	0.161	0.102	-0.631	0.639	0.161
8.632	0.010	0.139	0.125	-0.656	0.667	0.139

8.665	0.015	0.118	0.142	-0.632	0.647	0.119
8.698	0.023	0.097	0.247	-0.614	0.661	0.100
8.732	0.028	0.078	0.154	-0.585	0.605	0.083
8.765	0.037	0.058	0.260	-0.577	0.633	0.069
8.798	0.047	0.043	0.290	-0.475	0.556	0.063
8.832	0.057	0.029	0.299	-0.395	0.496	0.064
8.865	0.068	0.019	0.330	-0.323	0.461	0.070
8.898	0.078	0.012	0.317	-0.210	0.380	0.079
8.932	0.086	0.009	0.238	-0.083	0.252	0.086
8.965	0.095	0.009	0.283	0.015	0.283	0.096
8.998	0.104	0.014	0.253	0.129	0.284	0.105
9.031	0.105	0.022	0.046	0.237	0.242	0.108
9.065	0.115	0.034	0.302	0.361	0.471	0.120
9.098	0.118	0.048	0.079	0.430	0.437	0.127
9.131	0.121	0.066	0.074	0.539	0.544	0.137
9.165	0.120	0.087	-0.008	0.632	0.632	0.148
9.198	0.120	0.108	-0.024	0.634	0.634	0.161
9.231	0.118	0.131	-0.031	0.701	0.701	0.177
9.265	0.115	0.154	-0.100	0.678	0.685	0.192
9.298	0.107	0.176	-0.236	0.669	0.710	0.206
9.332	0.100	0.198	-0.206	0.653	0.685	0.222
9.365	0.093	0.217	-0.228	0.563	0.608	0.236
9.398	0.084	0.233	-0.271	0.496	0.565	0.248
9.432	0.080	0.245	-0.125	0.352	0.373	0.258

Lampiran 8. Usulan Tema Skripsi



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS PENDIDIKAN MIPA DAN TEKNOLOGI INFORMASI
 PROGDI : PENDIDIKAN MATEMATIKA, BIOLOGI, FISIKA DAN TEKNOLOGI INFORMASI
 Jalan Lontar Nomor 1 (Sidodadi Timur) Telepon (024) 8316377 Fax. (024) 8448217 Semarang

USULAN TEMA SKRIPSI

Yth. Ketua Program Studi
 1. Pendidikan Matematika
 2. Pendidikan Biologi
 3. Pendidikan Fisika
 4. Pendidikan Teknologi Informasi

Dengan hormat,
 Yang bertanda tangan dibawah ini,
 Nama : Hafizh Aji Prakosa
 NPM : 20330012
 Program Studi/ Smt. : Pendidikan Fisika/ Semester 8

bermaksud mengajukan tema skripsi dengan judul:

ANALISIS GERAK PENDULUM ELASTIS BERBANTUAN
 PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

Semarang, 14 September
 Yang mengajukan,

Hafizh Aji Prakosa

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Affandi Faisal K, M.Sc.
 NIDN 0608108204

Pembimbing II

Dr. Nur Khoiri, M.T., M.Pd.
 NIDN 0611027802

Lampiran 9. Permohonan Izin Penelitian



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA ILMU PENGETAHUAN ALAM DAN
TEKNOLOGI INFORMASIPROGDI. : PENDIDIKAN MATEMATIKA, BIOLOGI, FISIKA DAN TEKNOLOGI INFORMASI
Jalan Lontar Nomor 1 (Sidodadi Timur) Telepon (024) 8316377 Fax. (024) 8448217 Semarang – 50125

Nomor : 098/AM/FPMIPATI/UPGRIS/IV/2024

Semarang, 05 April 2024

Lamp : 1 (satu) berkas

Perihal : **Permohonan ijin penelitian**

Kepada

Yth. Kepala Laboratorium Fisika Universitas PGRI Semarang
di Tempat

Kami beritahukan dengan hormat, bahwa mahasiswa kami :

N a m a : HAFIZH AJI PRAKOSA

N P M : 20330012

Fak. / Program Studi : FPMIPATI / Pendidikan Fisika

Akan mengadakan penelitian dengan judul :

ANALISIS GERAK PENDULUM ELASTIS BERBANTUAN PENGOLAHAN
CITRA DIGITALSehubungan dengan hal tersebut kami mohon perkenan Bapak/Ibu memberikan ijin
mahasiswa tersebut untuk melakukan penelitian.

Atas perkenan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui,
Dekan
Wakil Dekan I,

Eko Ketno Mulvaningrum, S.Pd., M.Pd
NPP. 088401210

Lampiran 10. Lembar Pembimbingan Skripsi Dosen Pembimbing I



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS PENDIDIKAN MIPA DAN TEKNOLOGI INFORMASI
 Kampus: Jl. Dr.Cipto – Sidodadi Timur No. 24 Semarang Indonesia
 Telp. (024)8316377 Faks.(024)8448217 Email:upgrismg@gmail.comHomepage: www.upgris.ac.id

LEMBAR PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Hafizh Aji Prakosa
 NPM : 20330012
 Prodi : Pendidikan Fisika
 Judul Skripsi : "Analisis Gerak Pendulum Elastis Berbantuan Pengolahan Citra Digital"
 Dosen Pembimbing I : Dr. Affandi Faisal K, M.Sc.
 Dosen Pembimbing II : Dr. Nur Khoiri, M.T., M.Pd.

No.	Hari, Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
1.	Kamis, 14/03/2023	Pengajuan Judul	
2.	Rabu, 20/03/2023	Bimbingan Proposal	
3.	Rabu, 25/03/2023	Bimbingan Proposal	
4.	Kamis, 26/03/2023	Bimbingan Proposal	
5.	Senin, 26/02/2024	Bimbingan Bab 3	
6.	Jum'at, 1/03/2024	Bimbingan Bab 3	
7.	Selasa, 5/03/2024	Bimbingan Bab 4	
8.	Kamis, 7/03/2024	Bimbingan Bab 4	
9.	Jum'at 15/03/2024	Bimbingan Bab 5	
10.	Kamis, 26/03/2024	Bimbingan keseluruhan	
11.	Kamis, 18/04/2024	Bimbingan keseluruhan	
12.	Senin, 22/04/2024	Siap Sidang Skripsi	
13.			
14.			
15.			

Dosen Pembimbing I,

Dr. Affandi Faisal K, M.Sc.
 NIDN 0603098102

Mahasiswa,

Hafizh Aji Prakosa
 NPM 20330012

Lampiran 11. Lembar Pembimbingan Skripsi Dosen Pembimbing 2



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS PENDIDIKAN MIPA DAN TEKNOLOGI INFORMASI
 Kampus: Jl. Dr.Cipto – Sidodadi Timur No. 24 Semarang Indonesia
 Telp. (024)8316377 Faks.(024)8448217 Email:upgrismg@gmail.comHomepage: www.upgris.ac.id

LEMBAR PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Hafizh Aji Prakosa
 NPM : 20330012
 Prodi : Pendidikan Fisika
 Judul Skripsi : "Analisis Gerak Pendulum Elastis Berbantuan Pengolahan Citra Digital"
 Dosen Pembimbing I : Dr. Affandi Faisal K, M.Sc.
 Dosen Pembimbing II : Dr. Nur Khoiri, M.T., M.Pd.

No.	Hari, Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
1.	Kamis, 14/09/2023	Pengayuan Judul	
2.	Senin, 18/09/2023	Bimbingan Proposal	
3.	Jum'at, 6/10/2023	Bimbingan Proposal	
4.	Rabu, 25/10/2023	Bimbingan Proposal	
5.	Jum'at, 1/03/2024	Bimbingan Bab 3	
6.	Kamis, 31/02/2024	Bimbingan Bab 3	
7.	Senin, 4/03/2024	Bimbingan Bab 4	
8.	Rabu, 6/03/2024	Bimbingan Bab 4	
9.	Jum'at, 15/03/2024	Bimbingan Bab 5	
10.	Rabu, 26/03/2024	Bimbingan keseluruhan	
11.	Jum'at, 19/04/2024	Bimbingan Daftar keseluruhan	
12.	Senin, 22/04/2024	Slap sidang Skripsi	
13.			
14.			
15.			

Dosen Pembimbing II,

Dr. Nur Khoiri, M.T., M.Pd.
 NIDN 0611027802

Mahasiswa,

Hafizh Aji Prakosa
 NPM 20330012