

## RANCANG BANGUN KIT EKSPERIMEN GAYA SENTRIPETAL BERBASIS MIKROKONTROLER

Habib Martin Nasution<sup>1</sup>, Endah Rahmawati<sup>2</sup>

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

Email: [habibnasution@mhs.unesa.ac.id](mailto:habibnasution@mhs.unesa.ac.id)<sup>1</sup>, [e.rahmawati@gmail.com](mailto:e.rahmawati@gmail.com)<sup>2</sup>

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat kit eksperimen untuk menentukan gaya sentripetal berbasis mikrokontroler. Dari hasil pengukuran kecepatan sudut, jari-jari dan massa. Kit eksperimen terdiri dari sistem mekanik dari hasil pengukuran dan elektronik. Sistem mekanik meliputi motor DC 12 volt sebagai sistem penggerak lengan massa. Sistem elektronik meliputi sensor Load cell untuk mengukur nilai gaya sentripetal, sensor TCRT5000 sebagai photogate untuk mengukur kecepatan sudut. Pengambilan data dilakukan dengan beberapa perubahan variabel diantaranya percobaan pertama untuk mengetahui hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan massa dengan perubahan nilai massa dari 0.04 kg - 0.24 kg sehingga diperoleh ketidakpastian maksimal sebesar 0.83 %. Percobaan kedua untuk mengetahui hubungan gaya sentripetal terhadap kecepatan sudut dengan perubahan nilai kecepatan sudut dari 84.84 Rad/s - 460.30 Rad/s dan didapatkan ketidakpastian maksimal sebesar 0.63 %. Percobaan ke tiga untuk mengetahui hubungan gaya sentripetal terhadap jari-jari dengan perubahan nilai jari-jari dari 0.04 m - 0.12 m dan didapatkan ketidakpastian maksimal sebesar 0.83 %. Hasil pengukuran gaya sentripetal oleh sensor load cell dibandingkan dengan teori

**Kata Kunci** : Kata Kunci : Gaya sentripetal, Kecepatan sudut, Photogate dan Mikrokontroler.

### Abstract

This study aims to create an experimental kit to determine the centripetal force based on the microcontroller. From the results of measurement of angular velocity, radius and mass. The experimental kit consists of a mechanical system of measurement and electronic results. The mechanical system includes a 12 volt DC motor as a mass arm drive system. The electronic system includes a Load cell sensor to measure the value of centripetal force, TCRT5000 sensor as a photogate for measuring angular velocity. Data retrieval is done with several changes in variables including the first experiment to determine the relationship of centripetal force to changes in mass with changes in mass values from 0.04 kg - 0.24 kg so that the maximum uncertainty of 0.83% is obtained. The second experiment was to determine the relationship of the centripetal force to angular velocity with changes in angular velocity values from 84.84 Rad / s - 460.30 Rad / s and the maximum uncertainty was 0.63%. The third experiment was to determine the relationship of the centripetal force to the radius with changes in the value of the radius from 0.04 m - 0.12 m and obtained a maximum uncertainty of 0.83%. The measurement results of centripetal force by the load cell sensor are compared with the theory

**Key Word** : Centripetal force, Anguler velocity, Photogate, Microcontroller

### PENDAHULUAN

Pembelajaran Fisika tidak dapat dipisahkan dari kegiatan eksperimen. Kegiatan eksperimen dalam pembelajaran dapat diterapkan dalam bentuk demonstrasi di dalam kelas maupun eksperimen dengan pengambilan data kuantitatif maupun kualitatif. Melalui kegiatan eksperimen siswa belajar mengamati, memprediksi, menyusun eksperimen, mengambil data, menganalisa data dan mempresentasikan hasil (Rahmawati et al., 2015; Etkina et al., 2002; Bagge et al., 2002). Salah satu contoh topik yang dapat dipelajari melalui kegiatan eksperimen adalah topik gerak melingkar yang melibatkan gaya sentripetal.

Gaya sentripetal bukan merupakan gaya fisis atau gaya dalam arti yang sebenarnya adalah karena gaya sentripetal hanyalah suatu sebutan untuk jenis-jenis gaya yang berfungsi membuat benda bergerak melingkar. Ketika sebuah benda diikat dengan seutas tali kemudian tali diputar secara horizontal, komponen gaya yang bekerja pada arah radial (berhimpit dengan jari-jari lingkaran) adalah gaya tegangan tali. Arah gaya tegangan tali ini selalu menuju pusat lingkaran, maka gaya tegangan tali inilah yang membuat benda bergerak melingkar.

Gaya sentripetal dapat diamati apabila kita menggunakan kerangka acuan inersial, yaitu suatu kerangka acuan yang diam atau bergerak dengan kecepatan konstan terhadap bumi. Ketika kita memutar benda menggunakan tali, maka yang menjadi kerangka acuan adalah lengan kita, (lengan dalam keadaan diam) sehingga kita sebagai pengamat dapat mengamati serta merasakan adanya gaya sentripetal dalam hal ini gaya tegangan tali. Gaya sentrifugal adalah lawan dari gaya sentripetal dan merupakan efek semu yang ditimbulkan ketika sebuah benda melakukan gerak melingkar. Arah gaya sentrifugal selalu menjauhi pusat lingkaran. Fungsi gaya sentrifugal ini hanyalah untuk mengimbangi gaya sentripetal sehingga benda yang melakukan gerak melingkar berada dalam keadaan setimbang.

Beberapa desain eksperimen gerak melingkar baik berbasis kegiatan laboratorium maupun virtual telah dihasilkan oleh penelitian sebelumnya. Salah satu eksperimen gerak melingkar berbasis laboratorium virtual telah dilakukan oleh Zhou (2011). Hasil penelitian menunjukkan bahwa eksperimen virtual interaktif yang dikembangkan dengan baik dapat menjadi alat yang berguna dalam mengajarkan konsep sulit dalam sains.

Media eksperimen berbasis kontekstual juga telah diteliti oleh Monteiro (2012) menggunakan komidi putar dan smartphone, sebuah smartphone diletakkan pada sebuah komidi putar, selanjutnya pengukuran percepatan sentripetal dilakukan menggunakan sensor accelerometer dan gyroscope yang terintegrasi pada smartphone. Implementasi gerak melingkar pada sistem penggerak robot telah dilaporkan dalam penelitian Vartholomeus (2013). Penelitian tersebut berhasil merancang sebuah robot yang menghasilkan gerak melingkar. Gerakannya disebabkan oleh gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh dua motor getaran yang dipasang di samping badan platform. Operasi asinkron motor ditunjukkan oleh simulasi untuk menghasilkan gerakan planar dua derajat kebebasan secara lokal, dengan resolusi mikrometer.

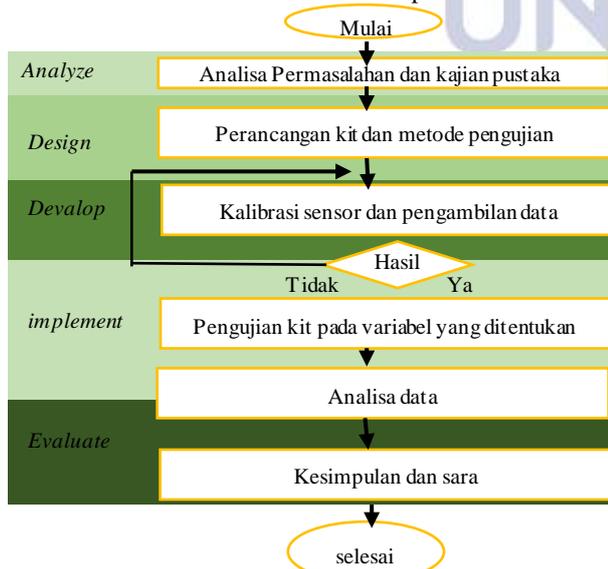
Untuk eksperimen berbasis kegiatan laboratorium telah ada alat eksperimen gerak melingkar dan gaya sentripetal yang telah tersedia diantaranya adalah produksi dari Phywe systeme (2017) dan Hunt (2016). Kedua alat tersebut memanfaatkan sensor gaya untuk mengukur gaya sentripetal, sensor photogate untuk mengukur kecepatan sudut.

Alat percobaan gaya sentripetal belum tersedia di jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya oleh karena itu pada penelitian ini akan di rancang dan di buat alat percobaan gaya sentripetal. Merujuk berdasarkan kedua desain alat eksperimen gaya sentripetal dari phywe dan hunt pada penelitian ini akan dirancang sebuah alat eksperimen gerak sentripetal berbasis mikrokontroler menggunakan sensor load cell untuk mengukur Gaya sentripetal dan sensor TCRT5000 untuk mengukur kecepatan sudut. Penelitian ini diharapkan menghasilkan sebuah prototipe alat eksperimen gerak untuk menentukan gaya sentripetal yang handal, akurat dan biaya produksi relatif murah.

**METODE**

**A. Rancangan Penelitian**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian rancangan pengembangan pembelajaran ADDIE, yang membahas tentang gerak melingkar beraturan yang dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar, Instrumentasi, Jurusan Fisika FMIPA Unesa. Berikut skema penelitian :



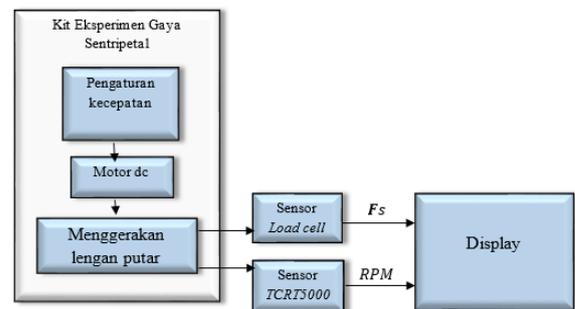
Gambar 1 Skema Penelitian

**B. Desain Instrumen Penelitian**

Instrumen penelitian dibagi menjadi dua: Perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian gerak melingkar beraturan untuk menentukan gaya sentripetal adalah sebuah rancang bangun dengan desain keseluruhan seperti pada gambar 3 Perangkat keras penelitian ini adalah motor dc sebagai penggerak lengan lintasan secara tangensial, sensor TCRT5000 sebagai mengukur nilai kecepatan sudut sensor load cell untuk mengukur nilai gaya sentripetal. Sedangkan mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data yang nantinya dapat diprogram dengan perangkat lunak arduino.

**B.1 Perangkat Keras**

Sistem rancangan perangkat keras yang dibuat dalam penelitian ini terdiri dari sebagai berikut:



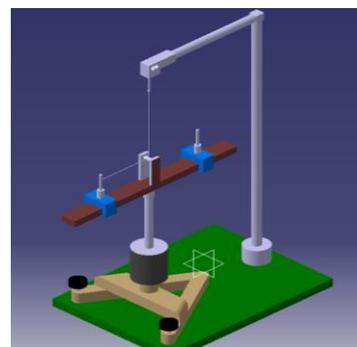
Gambar 2 Diagram blok sistem penelitian

**a. Diagram Blok Sistem Gerak Melingkar Beraturan**

Berdasarkan diagram blok sistem penelitian diatas sistem kerja alat ini adalah, pertama mengatur kecepatan motor DC yang akan menggerakkan lengan beban dengan kecepatan konstan. Saat motor DC menggerakkan lengan beban, sensor *load cell* akan membaca nilai  $F_s$  dan sensor *TCRT5000* sebagai pembaca nilai kecepatan dalam satuan Rpm sehingga di dapatkan nilai banyaknya putaran selama satu menit lalu di proses oleh mikrokontroler untuk di rubah menjadi kecepatan sudut  $\omega^2 (\frac{Rad}{s})$ . Data hasil pengukuran kecepatan sudut ditampilkan pada LCD dan digunakan untuk menentukan nilai gaya sentripetal seperti persamaan (2.11).

Penggunaan mikrokontroler arduino uno adalah untuk pengambilan data dan penentuan nilai gaya sentripetal.

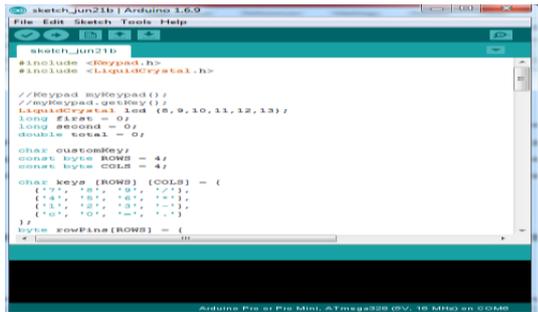
**b. Skema Rancangan Alat Sistem Gaya sentripetal**



Gambar 3. Skema rancangan sistem Gaya sentripetal

**B.2 Perangkat Lunak**

Dalam penelitian ini, untuk mengaktifkan semua sensor dibutuhkan perangkat lunak, maka digunakan perangkat lunak (*software*) open-source Arduino versi 1.6.9 seperti tampilan pada gambar 4 dibawah ini.



**Gambar 4** program arduino

Software ini memudahkan untuk menulis kode atau perintah dan meng-upload ke board Arduino. Bahasa yang digunakan adalah C++ yang berbasis pada bahasa C untuk AVR. Setelah selesai membuat program maka proses berikutnya adalah memasukkan sketch ke dalam perangkat yang telah dibuat di dalam arduino. Program yang sudah siap dijalankan, sebelumnya harus di compile dengan perintah verify atau compile sampai berhasil, lalu program hasil kompilasi itu dijalankan oleh bootloader.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Perbandingan pengukuran hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan massa (kg)**

Pada penelitian bertujuan untuk mendapatkan hubungan antara gaya sentripetal terhadap perubahan massa (kg) sehingga setiap melakukan percobaan dilakukan manipulasi massa dengan kecepatan sudut dan jari-jari yang sama. Berikut tabel hasil perubahan gaya sentripetal dengan kecepatan sudut 84.84 Rad/s dan jari-jari 0.06 m yang tetap:

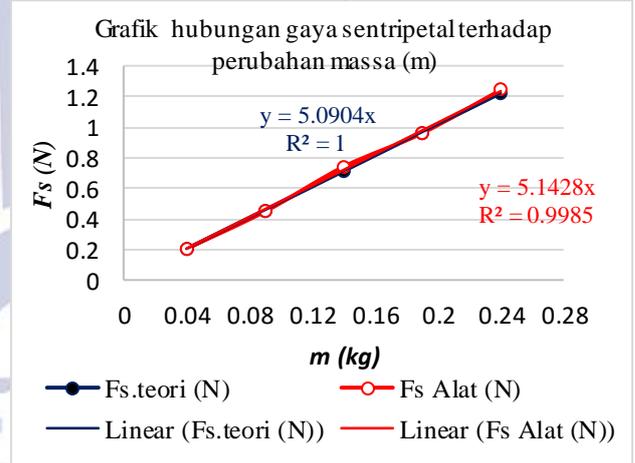
**Tabel 1** Hasil pengukuran gaya sentripetal terhadap perubahan massa (kg)

m (kg)	r (m)	$\sqrt{\omega^2}$ (Rad/s)	Fs Perhitungan (N)	Fs Alat (N)	Standart Error	Ketidak Pastian (%)	Tarif Ketelitian (%)
0.04	0.06	84.84	0.20	0.20	0.0001	0.04	99.96
0.09			0.46	0.45	0.0023	0.51	99.49
0.14			0.71	0.74	0.0061	0.83	99.17
0.19			0.97	0.96	0.0016	0.17	99.83
0.24			1.22	1.24	0.0045	0.37	99.63

Berdasarkan tabel 1 diatas, dengan variabel manipulasi massa (kg), dan yang menjadi Variabel kontrol jari-jari (m) dan kecepatan sudut (Rad/s) dan Variabel respon adalah gaya sentripetal (N). Data tersebut didapatkan dari hasil pengukuran alat yang dibuat, dengan membandingkan dengan perhitungan untuk menguji nilai gaya sentripetal yang terbaca pada alat. Pengambilan data dilakukan dengan 5 kali pengulangan seperti pada halaman lampiran. Pada pengambilan data yang pertama dengan massa 0.04 kg didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 0.20 N sedangkan pada perhitungan didapatkan

nilai gaya sentripetal sebesar 0.20 N dengan ketidak pastian sebesar 0.04 % . kemudian pada pengambilan data yang ke dua dengan massa 0.09 kg didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 0.45 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 0.46 N dengan ketidak pastian sebesar 0.51 % . Pada pengambilan data yang ke tiga dengan massa 0.14 kg didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 0.74 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 0.71 N dengan ketidak pastian sebesar 0.83 % . pada pengambilan data yang ke empat dengan massa 0.19 kg didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 0.96 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 0.97 N dengan ketidak pastian sebesar 0.17 % . pada pengambilan data yang ke lima dengan massa 0.24 kg didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 1.24 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 1.22 N dengan ketidak pastian sebesar 0.37 % .

Tujuan melakukan perubahan massa dalam penelitian ini yaitu untuk mendapatkan hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan massa dengan membandingkan dengan perhitungan untuk menguji nilai gaya sentripetal yang terbaca pada alat. sehingga dari tabel diatas didapatkan grafik seperti berikut:



**Gambar 5** Grafik hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan massa (kg)

Grafik diatas merupakan hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan massa dan responnya gaya sentripetal. Sehingga di dapatkan garis regresi linear gaya sentripetal perhitungan  $y = 5.0904x$  dengan  $R^2 = 1$  dan di dapatkan garis regresi linear gaya sentripetal alat  $y = 5.1428x$  dengan  $R^2 = 0.9985$  nilai  $R^2$  alat menunjukan semakin mendekati nilai gradien. Dari hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan massa jika semakin besar perubahan massa maka semakin besar pula nilai gaya sentripetal. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara gaya sentripetal dan massa berbanding lurus, sehingga hubungan grafik tersebut sesuai dengan teori.

**B. Perbandingan pengukuran hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan kecepatan sudut ( $\omega^2$ )**

Pada penelitian ini juga bertujuan untuk mendapatkan hubungan antara gaya sentripetal terhadap perubahan kecepatan sudut ( $\omega^2$ ) sehingga setiap melakukan percobaan dilakukan manipulasi kecepatan sudut dengan massa dan jari-jari yang sama. Berikut tabel hasil perubahan gaya sentripetal dengan massa 0.09 kg dan jari-jari 0.06 m yang tetap:

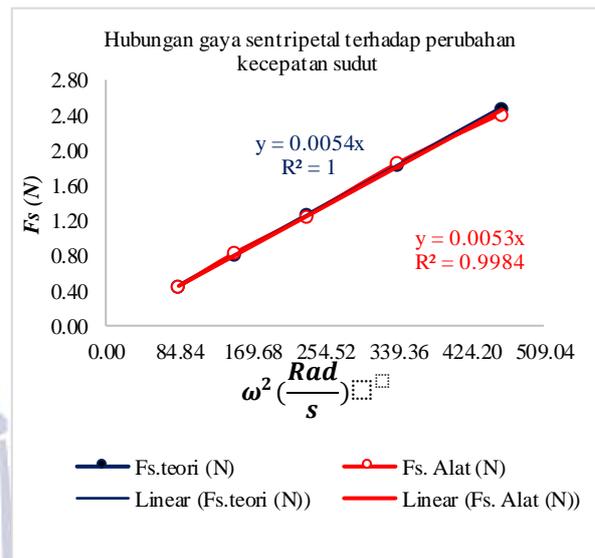
**Tabel 2** Hasil pengukuran gaya sentripetal dan perubahan kecepatan sudut ( $\omega^2$ )

m (kg)	r (m)	$\sqrt{\omega^2}$ (Rad/s)	Fs Perhitungan (N)	Fs Alat (N)	Standart Error	Ketidak Pastian (%)	Taraf Ketelitian (%)
0.09	0.06	84.84	0.46	0.45	0.0023	0.51	99.49
		149.9	0.81	0.83	0.0041	0.5	99.5
		233.5	1.26	1.25	0.002	0.16	99.84
		339.3	1.83	1.85	0.0044	0.24	99.76
		460.3	2.49	2.42	0.0151	0.63	99.37

Berdasarkan tabel 2 diatas, dengan variabel manipulasi kecepatan sudut (Rad/s), dan yang menjadi Variabel kontrol jari-jari (m) dan Massa (kg) dan Variabel respon adalah gaya sentripetal (N). Data tersebut didapatkan dari hasil pengukuran alat yang dibuat, dengan membandingkan dengan perhitungan. Pengambilan data dilakukan dengan 5 kali pengulangan seperti pada halaman lampiran. Pada pengambilan data yang pertama dengan kecepatan sudut 84.84 Rad/s didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 0.45 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 0.46 N dengan ketidak pastian sebesar 0.51 % . kemudian pada pengambilan data yang ke dua dengan kecepatan sudut 149.90 Rad/s didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 0.83 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 0.81 N dengan ketidak pastian sebesar 0.50 % . Pada pengambilan data yang ke tiga dengan kecepatan sudut 233.50 Rad/s didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 1.25 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 1.26 N dengan ketidak pastian sebesar 0.16 % . pada pengambilan data yang ke empat dengan kecepatan sudut 339.30 Rad/s didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 1.85 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 1.83 N dengan ketidak pastian sebesar 0.24 % . pada pengambilan data yang ke lima dengan kecepatan sudut 460.30 Rad/s didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 2.42 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 2.49 N dengan ketidak pastian sebesar 0.63 % .

Tujuan melakukan perubahan kecepatan sudut dalam penelitian ini yaitu untuk mendapatkan hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan kecepatan sudut. Dengan membandingkan dengan perhitungan) untuk menguji nilai gaya sentripetal yang terbaca pada alat.

sehingga dari tabel diatas didapatkan grafik seperti berikut:



**Gambar 6** Grafik hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan kecepatan sudut ( $\omega^2$ )

Grafik diatas merupakan hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan kecepatan sudut dan responnya gaya sentripetal. Sehingga di dapatkan garis regresi linear gaya sentripetal perhitungan  $y = 0.0054x$  dengan  $R^2 = 1$  dan di dapatkan garis regresi linear gaya sentripetal alat  $y = 0.0053x$  dengan  $R^2 = 0.9984$  nilai  $R^2$  alat menunjukan semakin mendekati nilai gradien. Dari hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan kecepatan sudut jika semakin besar perubahan kecepatan sudut maka semakin besar pula nilai gaya sentripetal. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kecepatan sudut dan gaya sentripetal berbanding lurus, sehingga hubungan grafik tersebut sesuai dengan teori.

**C. Perbandingan pengukuran hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan jari-jari (m)**

Pada penelitian ini juga bertujuan untuk mendapatkan hubungan antara gaya sentripetal terhadap perubahan jari-jari (m) sehingga setiap melakukan percobaan dilakukan manipulasi jari-jari, dengan kecepatan sudut dan massa yang sama. Berikut tabel hasil perubahan gaya sentripetal dengan kecepatan sudut 84.84 Rad/s dan massa 0.09 kg yang tetap:

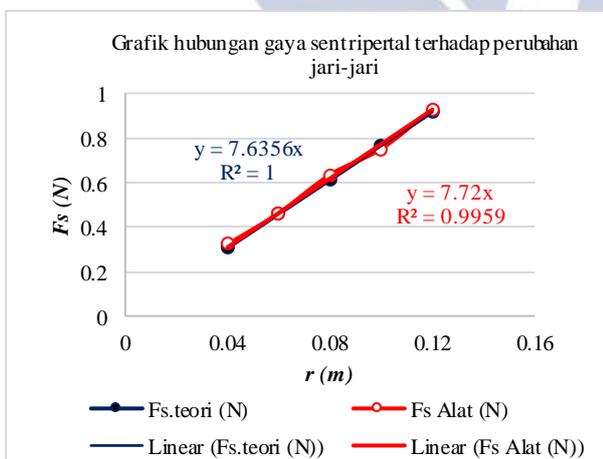
**Tabel 3** Hasil pengukuran gaya sentripetal terhadap perubahan jari-jari (m)

m (kg)	r (m)	$\sqrt{\omega^2}$ (Rad/s)	Fs Perhitungan (N)	Fs Alat (N)	Standart Error	Ketidak Pastian (%)	Taraf Ketelitian (%)
0.09	0.04	84.84	0.20	0.20	0.0001	0.04	99.96
	0.06		0.46	0.45	0.0023	0.51	99.49
	0.08		0.71	0.74	0.0061	0.83	99.17
	0.10		0.97	0.96	0.0016	0.17	99.83
	0.12		1.22	1.24	0.0045	0.37	99.63

Berdasarkan tabel 3 diatas, dengan variabel manipulasi jari-jari (m), dan variabel kontrol massa (kg) dan kecepatan sudut (Rad/s) dan variabel respon adalah gaya sentripetal (N). Data tersebut didapatkan dari hasil

pengukuran alat yang dibuat, dengan membandingkan dengan perhitungan. Pengambilan data dilakukan dengan 5 kali pengulangan seperti pada halaman lampiran. Pada pengambilan data yang pertama dengan jari-jari 0.04 m didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 0.20 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 0.20 N dengan ketidakpastian sebesar 0.04 % . kemudian pada pengambilan data yang ke dua dengan jari- jari 0.06 m didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 0.45 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 0.46 N dengan ketidak pastian sebesar 0.51 % . Pada pengambilan data yang ke tiga dengan jari- jari 0.08 m didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 0.74 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 0.71 N dengan ketidak pastian sebesar 0.83 % . pada pengambilan data yang ke empat dengan jari- jari 0.10 m didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 0.96 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 0.97 N dengan ketidak pastian sebesar 0.17 % . pada pengambilan data yang ke lima dengan jari- jari 0.12 m didapatkan nilai gaya sentripetal yang terbaca oleh alat adalah 1.24 N sedangkan pada perhitungan didapatkan nilai gaya sentripetal sebesar 1.22 N dengan ketidak pastian sebesar 0.037 %

Tujuan melakukan perubahan massa dalam penelitian ini yaitu untuk mendapatkan hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan jari-jari dengan membandingkan dengan perhitungan untuk menguji nilai gaya sentripetal yang terbaca pada alat sehingga dari tabel diatas didapatkan grafik seperti berikut:



**Gambar 4.6** Grafik hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan jari-jari (m)

Grafik diatas merupakan hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan jari-jari dan responnya gaya sentripetal. Sehingga di dapatkan garis regresi linear gaya sentripetal perhitungan  $y = 7.6356x$  dengan  $R^2 = 1$  dan di dapatkan garis regresi linear gaya sentripetal alat  $y = 7,72x$  dengan  $R^2 = 0.9959$  nilai  $R^2$  alat menunjukkan semakin mendekati nilai gradien. Dari hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan jari-jari jika semakin besar perubahan jari-jari maka semakin besar pula nilai gaya sentripetal. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara

gaya sentripetal dan jari-jari berbanding lurus, sehingga hubungan grafik tersebut sesuai dengan teori.

### PEMBAHASAN

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil pengukuran kecepatan sudut dan gaya sentripetal dengan memanipulasi massa, jari-jari dan kecepatan sudut sebagai variabel manipulasi untuk mendapatkan gaya sentripetal. Secara teori yang mengacu pada jurnal eksperimen phywe dimana semakin besar kecepatan sudut yang di uji dengan massa dan jari-jari tetap maka semakin besar pula nilai gaya sentripetal, dan semakin besar nilai massa yang di uji dengan kecepatan sudut dan jari-jari yang tetap, maka akan semakin besar pula gaya sentripetalnya, dan semakin besar nilai jari-jari yang di uji dengan kecepatan sudut dan massa yang sama, maka akan semakin besar pula gaya sentripetalnya.

Pengambilan data dilakukan dengan memanipulasi massa dan mengontrol nilai kecepatan sudut sebesar 84.84 (Rad/s) dan Jari-jari 0.06(m), sehingga didapatkan hasil pengukuran alat ini dengan memanipulasi massa 0.04 kg, 0.09 kg, 0.14 kg 0.19 kg, dan 0.24 (kg) sehingga di dapatkan nilai gaya 0.20 N, 0.45 N, 0.74 N, 0.96 N, dan 1.24 N secara berturut-turut, Hal ini sesuai dengan data penelitian yang di dapatkan dan teori bahwa semakin diperbesar nilai massa, dengan nilai kecepatan sudut dan jari-jari dikontrol maka semakin besar nilai perubahan gaya sentripetalnya.

Kemudian pada Pengambilan data dilakukan dengan memanipulasi kecepatan sudut ( $rad/s$ ) dan mengontrol nilai massa sebesar 0.09 (kg) dan Jari-jari 0.06(m), sehingga didapatkan hasil pengukuran alat ini dengan memanipulasi kecepatan sudut 84.84 Rad/s, 149.90 Rad/s, 233.50 Rad/s, 339.50 Rad/s, 460.30 Rad/s sehingga di dapatkan nilai gaya sentripetal 0.45 N, 0.83 N, 1.25 N 1.85 N dan 2.42 N secara berturut-turut, Hal ini sesuai dengan data penelitian yang di dapatkan dan teori bahwa semakin diperbesar nilai kecepatan sudut, dengan nilai massa dan jari-jari dikontrol maka semakin besar nilai perubahan gaya sentripetalnya.

pada Pengambilan data dilakukan dengan memanipulasi jari-jari (m) dan mengontrol nilai kecepatan sudut sebesar 84.84 (rad/s) dan massa 0.09(kg), sehingga didapatkan hasil pengukuran alat ini dengan perubahan jari-jari 0.04 m, 0.06 m, 0.08 m, 0.10 m, dan 0.12 m adalah 0.32 N, 0.46 N, 0.63 N, 0.75 N, dan 0.93 N secara berturut-turut. Hal ini sesuai dengan data penelitian yang di dapatkan dan teori bahwa semakin diperbesar nilai jari-jari, dengan nilai kecepatan sudut dan massa dikontrol maka semakin besar nilai perubahan gaya sentripetalnya.

Dalam menentukan gaya sentripetal alat ini sudah bisa menampilkan nilai gaya secara langsung

### PENUTUP

#### Simpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian pada bab I serta hasil dan pembahasan penelitian pada bab IV, maka dapat diambil kesimpulan Pertama telah dirancang kit eksperimen gaya sentripetal berbasis mikrokontroler dengan menggunakan sensor load cell untuk mengukur nilai gaya sentripetal dan sensor TCRT5000 untuk mengukur kecepatan sudut alat telah di uji dengan masing-masing sensor telah di kalibrasi dan kit

eksperimen telah di gunakan untuk pengambilan data pada tiga percobaan dengan manipulasi berbeda-beda.

Kedua Hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan massa pada setiap percobaan dilakukan dengan cara merubah nilai massa dari 0.04 kg, 0.09 kg, 0.14 kg 0.19 kg, 0.24 kg, namun nilai kecepatan sudut dan jari-jari dibuat tetap. Hasil yang diperoleh adalah semakin besar nilai massa maka semakin besar pula nilai gaya sentripetalnya, hal ini sesuai dengan teori. Selanjutnya hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan kecepatan sudut pada setiap percobaan dilakukan dengan cara merubah nilai kecepatan sudut dari 84.84 Rad/s, 149.9 Rad/s, 233.5 Rad/s, 339.5 Rad/s, 460.3 Rad/s, namun nilai massa dan jari-jari dibuat tetap. Hasil yang diperoleh adalah semakin besar nilai kecepatan sudut semakin besar pula nilai gaya sentripetalnya, hal ini sesuai dengan teori. Kemudian hubungan gaya sentripetal terhadap perubahan jari-jari pada setiap percobaan dilakukan dengan cara merubah nilai jari-jari dari 0.04 m, 0.06 m, 0.08 m, 0.10 m, dan 0.12 m. namun nilai kecepatan sudut dan massa dibuat tetap. Hasil yang diperoleh adalah semakin besar nilai Jari-jari semakin besar pula nilai gaya sentripetalnya, hal ini sesuai dengan teori.

#### Saran

Pada penelitian ini yang menjadi alat pembanding pengukuran gaya sentripetal yaitu dengan membandingkan dengan perhitungan  $F_s = m \times \omega^2 \times r$ , maka diharapkan pada penelitian selanjutnya menggunakan alat pembanding yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alvensleben, Von, Ludolf. Centripetal Force LEP 1.3.16. *PHYWE Experimental Literature Physics*. Germany: Gottingen.
- Aviani, I., Erceg, N., & Mešić, V., 2015, Drawing and using free body diagrams: Why it may be better not to decompose forces. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2). doi:10.1103/physrevstper.11.020137
- Arya, Atam Parkash. 1990. Introduction To Classical Mechanics. *West Virginia University: Prentice Hall, Inc.*,
- Astono. Juli. Fisika Mekanika. *Bandung: Institut Teknologi Bandung*.
- Bagge, S., & Pendrill, A.-M., 2002, Classical physics experiments in the amusement park, *Physics Education*, 37(6), 507–511. doi:10.1088/0031-9120/37/6/307
- Daryanto. Teknik Fisika. *Bandung: Institut Teknologi Bandung*.
- Djuandi, Feri. (2011). Pengenalan Arduino. *www.tobuku.com*, diakses 9 Februari 2019.
- Etkina, E., Van Heuvelen, A., Brookes, D. T., & Mills, D. (2002). Role of Experiments in Physics Instruction — A Process Approach. *The Physics Teacher*, 40(6), 351–355. doi:10.1119/1.1511592
- Giancoli. Douglas C. 2001. Physics Principles with Application, *Fifth Edition*. Jakarta: Erlangga.
- Haliday, D & Resnick, R. 1985. Fundamentals of physics Third Edition. *Jakarta: Erlangga*.
- Heryanto, M. Ari dan Adi, Wisnu, Andi. 2008. Pemrograman Mikrokontroler ATmega 8535. *Yogyakarta*
- Hunt C., 2016, Pasco scientific: Centripetal Force, diakses dari <https://www.pasco.com/prodCatalog/EX/EX-5506-centripetal-force-experiment/index.cfm>
- Kooijman. Matthijs. Building Wireless Sensor Networks Using Arduino.
- Meriam, J.L dan Kraige, L.G. 1987. Engineering Mechanics, Dynamics, Volume 2, 2<sup>nd</sup> Edition. *Jakarta: Erlangga*.
- Monteiro, M., Cabeza, C., Marti, A. C., Vogt, P., & Kuhn, J., 2014, Angular velocity and centripetal acceleration relationship, *The Physics Teacher*, 52(5), 312–313. doi:10.1119/1.4872422
- Phywe systeme GmbH & , 2017, Centrifugal Force, Student's sheet, diakses dari <https://repository.curriculab.net/files/versuchsanleitung/p2131601/p2131601e.pdf>
- Putra, Eko, Afgianto. 2010. Tips dan Trik Mikrokontroler AT89 dan AVR : *Tingkat Pemula Hingga Lanjut*. Yogyakarta: Gava Media.
- Resnick, Halliday, Pantur Silaban, Erwing Sucipto. Fisika Jilid 1, 2, 3. *Jakarta: Erlangga*.