



UNIVERSITAS INDONESIA

**ALAT UKUR GAYA SENTRIPETAL
PADA PLAT SETIMBANG
YANG BERPUTAR**

SKRIPSI

KRISTIAN ADI PUTRA

0706196613

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

DESEMBER 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**ALAT UKUR GAYA SENTRIPETAL
PADA PLAT SETIMBANG
YANG BERPUTAR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

KRISTIAN ADI PUTRA

0706196613

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

DESEMBER 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
Telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Kristian Adi Putra

NPM : 0706196613

Tanda Tangan : 

Bulan : Desember 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Kristian Adi Putra

NPM : 0706196613

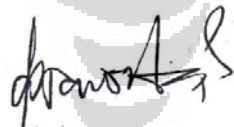
Program Studi : Fisika Instrumentasi

Judul : **Alat Ukur Gaya Sentripetal pada Plat Setimbang yang Berputar**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika , Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Prawito

()

Penguji 1 : Dr Santoso Sukirno

()

Penguji 2 : Dr rer.nat Martarizal

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Desember 2011

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan YME atas berkat dan kasih karunia-NYA sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana Fisika Jurusan Instrumentasi Elektronika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Dengan terselesaikannya penelitian dan laporan skripsi ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama proses pelaksanaan dan penyelesaiannya. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih dan rasa hormat kepada :

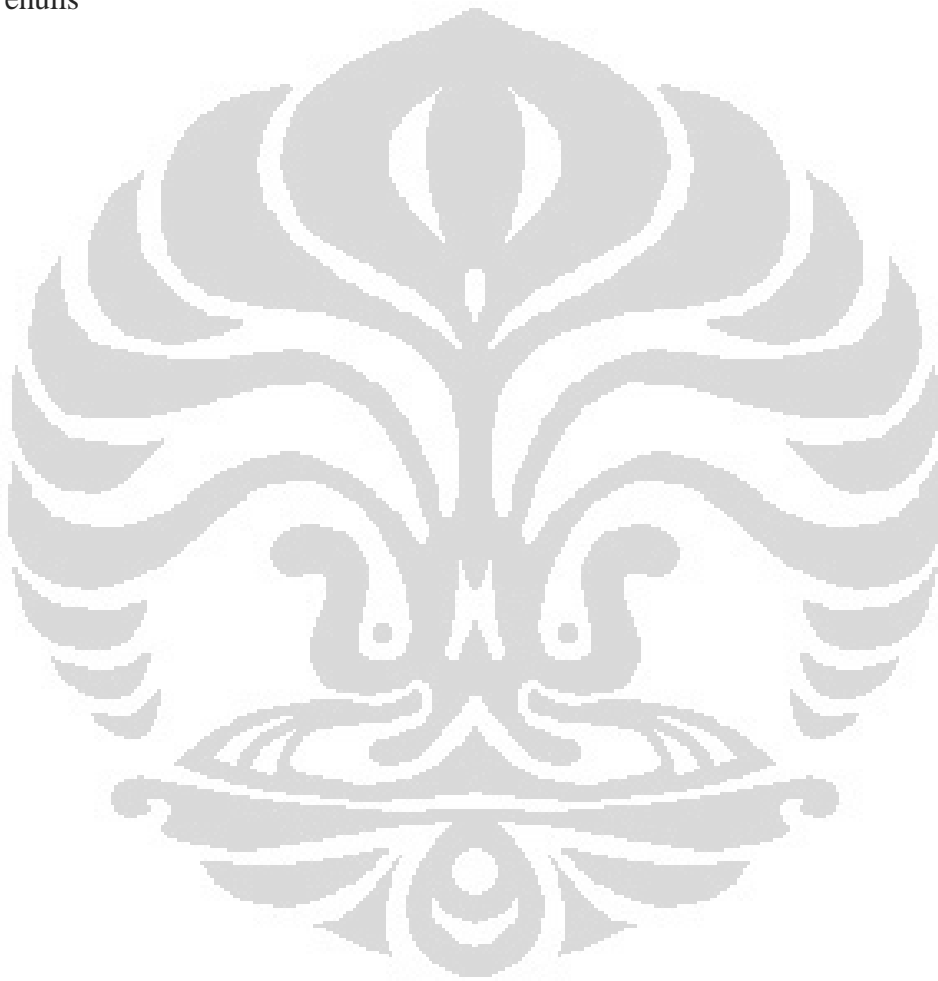
- 1) Tuhan Yesus Kristus untuk kasih setia dan anugerah-NYA.
- 2) Bapak Dr. Prawito selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktunya untuk memberikan pengarahan dan solusi selama berlangsungnya pembuatan skripsi ini.
- 3) Orangtua tercinta, atas segala impian dan sarana yang diberikan dengan restu dan doanya yang tak henti-hentinya dipanjatkan demi terselesaikannya skripsi ini.
- 4) Seluruh Dosen Fisika FMIPA yang telah memberikan ilmunya serta seluruh staf dan karyawan yang telah membantu penulis.
- 6) Rekan-rekan Fisika Ekstensi 2007 ~ 2010 yang memberikan semangat dan dorongan moril demi terselesaikannya skripsi ini.
- 7) Seluruh pihak yang secara tidak langsung ikut terlibat dalam pembuatan skripsi ini yang tidak disebutkan satu persatu atas amal baik yang telah diberikan dibalas dikemudian hari.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan, kesalahan dan jauh dari kata sempurna dalam pembuatan dan penyusunan skripsi ini. Besar harapan penulis

kepada semua pihak untuk dapat memberikan saran dan kritik yang membangun. Terimakasih, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Depok, Desember 2011

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kristian Adi Putra
NPM : 0706196613
Program Studi : Sarjana Ekstensi (S1)
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan dan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ALAT UKUR GAYA SENTRIPETAL
PADA PLAT SETIMBANG YANG BERPUTAR**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal 25 Desember 2011

Yang menyatakan,



Kristian Adi Putra

ABSTRAK

Nama : Kristian Adi Putra
Program Studi : S1 Fisika Ekstensi
Judul : Alat Ukur Gaya Sentripetal pada Plat Setimbang Yang Berputar

Telah dibuat alat pengukuran gaya sentripetal pada plat setimbang yang berputar dengan menggunakan mikrokontroler dan perangkat lainnya berupa sensor gaya, sensor kecepatan putar. Sistem ini dihubungkan dengan komputer menggunakan standar komunikasi serial. Mikrokontroler diprogram menggunakan piranti lunak Baskom AVR, sedangkan komputer digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran diprogram dengan menggunakan Labview 8.5. Metode pengambilan data adalah nilai gaya pada sensor kemudian dibandingkan dengan nilai gaya sentripetal yang diperoleh dari perhitungan. Hasil yang diperoleh adalah gaya pada sensor mendekati nilainya dengan gaya sentripetal yang diperoleh secara perhitungan dengan toleransi nilai error.

Kata kunci:

Gaya sentripetal, plat setimbang yang berputar, komunikasi serial, BASCOM AVR, LabVIEW 8.5.

ABSTRACT

Name : Kristian Adi Putra
Study Program : Bachelor Degree (extension) of Physics
Title : Centripetal Force Measurement System at Balance Rotating Plate

Has been developed measurement system centripetal force on a rotating balance plate by using microcontroller and other devices such as force sensors and rotary sensor. The system is connected to computer using serial communication standart. Microcontroller is programmed using the baskom AVR software, while the computer is used to display the measurement results, it's programmed using Labview 8.5. The method of data retrieval is the force on the sensor value is then compared with the values obtained from centripetal force calculations. The results is force on the sensor close to the value obtained with the calculation of centripetal force with error tolerance.

Keyword:

Centripetal force, balanced the rotating plate, serial communication, BASCOM AVR, LabVIEW 8.5.

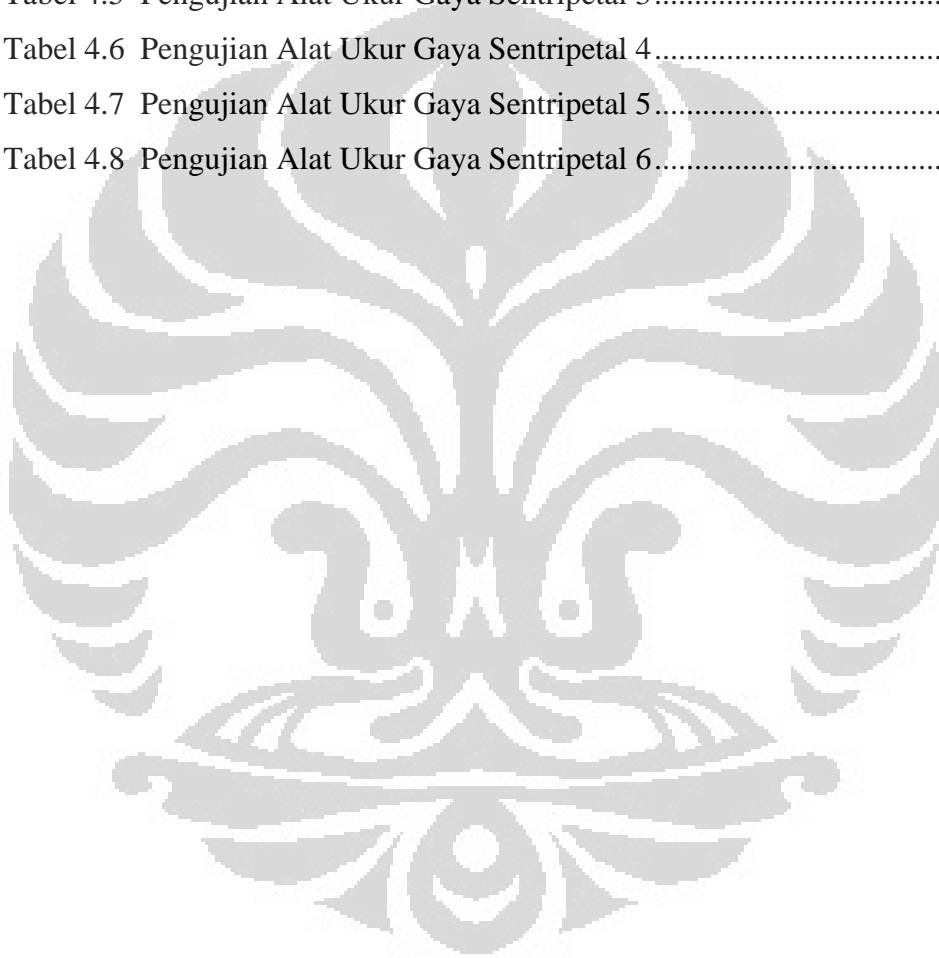
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pembatasan Penelitian.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Metodologi Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
1.5.1 Bab 1 Pendahuluan.....	4
1.5.2 Bab 2 Landasan Teori	4
1.5.3 Bab 3 Perancangan Sistem.....	4
1.5.4 Bab 4 Pembahasan	4
1.5.5 Bab 5 Kesimpulan dan Saran	4
BAB 2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Hukum Newton	5
2.2 Gaya Sentripetal	7
2.3 Sensor Gaya	10
2.4 Sensor Kecepatan	13
2.5 Mikrocontroler AT Mega 16.....	14
2.6 Penguat Instrumentasi	15

BAB 3 PERANCANGAN SISTEM	17
3.1 Perancangan Perangkat Keras	17
3.1.1 Sensor Gaya	18
3.1.2 Rangkaian Penguatan	19
3.1.3 Sensor Optocoupler	20
3.1.4 Mikrokontroler AT Mega 16	21
3.2 Perancangan Perangkat Lunak	22
3.2.1 Pemrograman Mikrokontroler	22
3.2.2 Pemrograman Labview	23
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Pengujian Sensor Gaya	27
4.2 Pengujian Penguatan AD623	29
4.3 Pengujian Alat Ukur Gaya	30
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR REFERENSI	39

DAFTAR TABEL

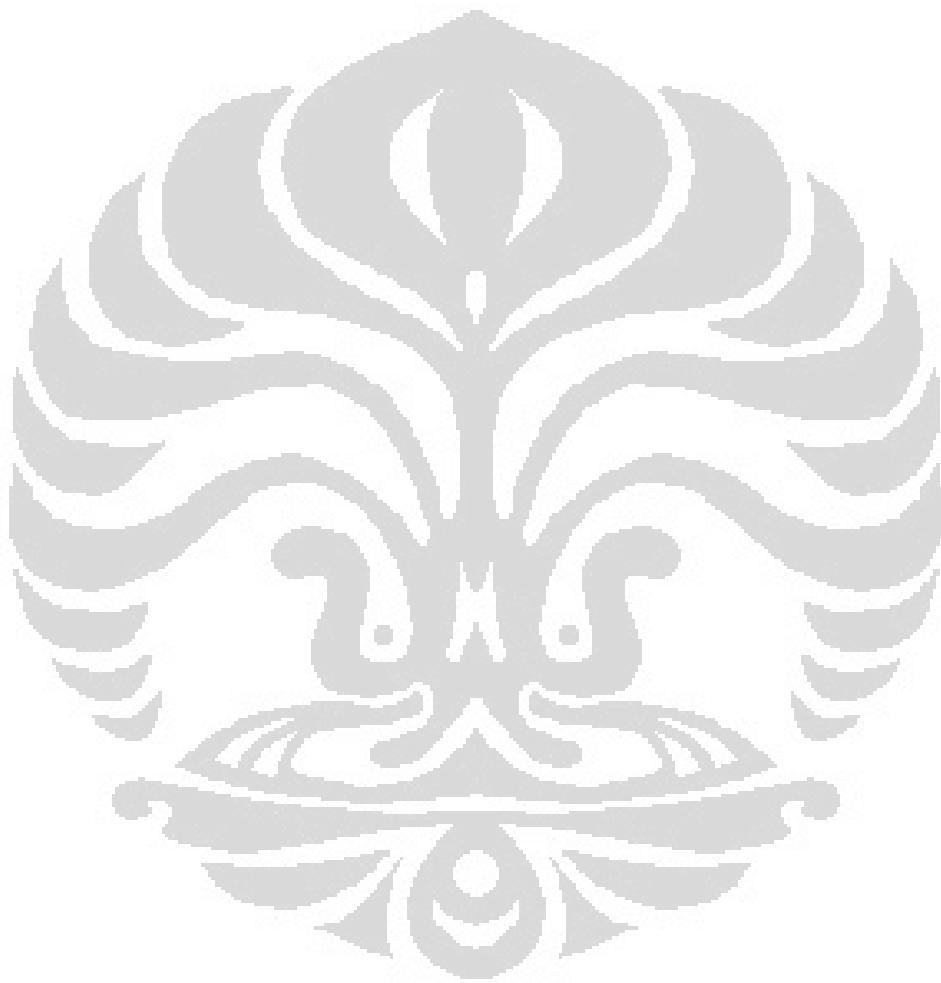
	Halaman
Tabel 4.1 Pengujian Sensor Gaya terhadap Berat	27
Tabel 4.2 Pengujian AD623	29
Tabel 4.3 Pengujian Alat Ukur Gaya Sentripetal 1	30
Tabel 4.4 Pengujian Alat Ukur Gaya Sentripetal 2.....	32
Tabel 4.5 Pengujian Alat Ukur Gaya Sentripetal 3.....	33
Tabel 4.6 Pengujian Alat Ukur Gaya Sentripetal 4.....	34
Tabel 4.7 Pengujian Alat Ukur Gaya Sentripetal 5.....	35
Tabel 4.8 Pengujian Alat Ukur Gaya Sentripetal 6.....	36



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Visualisasi Hukum Kedua Newton	5
Gambar 2.2 Benda Diam Diatas Permukan	6
Gambar 2.3 Benda Diam Digantung Pada Seutas Tali	6
Gambar 2.4 Benda Terikat Pada Tali Diputar Horizontal.....	8
Gambar 2.5 Vektor Gaya Sentripetal	8
Gambar 2.6 Ayunan Konis.....	9
Gambar 2.7 Gaya yang Bekerja pada Ayunan Konis.....	9
Gambar 2.8 Jembatan Wheatstone	10
Gambar 2.9 Sensor Gaya.....	12
Gambar 2.10 Rangkaian Jembatan Wheatstone.....	13
Gambar 2.11 Kombinasi Emitter dan Detector.....	13
Gambar 2.12 Optocoupler Tipe-U	13
Gambar 2.13 Enkoder	14
Gambar 2.14 ATmega 16.....	15
Gambar 2.15 Schematic Rangkaian Penguat Instrumentasi.....	16
Gambar 3.1 Rancang Bangun Alat Ukur Gaya Sentripetal.....	17
Gambar 3.2 Blok Diagram Alat Ukur Gaya Sentripetal	18
Gambar 3.3 Kaki-kaki Sensor Gaya.....	19
Gambar 3.4 Kaki-kaki AD623	19
Gambar 3.5 Rangkaian AD623	20
Gambar 3.6 Rangkaian Modul Optocoupler	21
Gambar 3.7 Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler Atmega 16	22
Gambar 3.8 Diagram Alir Pengolahan Data pada Mikrokontroler	24
Gambar 3.9 Diagram Alir Pengolahan Data pada Personal Komputer.....	25
Gambar 3.10 Tampilan GUI pada Labview	26
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Pengujian Sensor Gaya Berat terhadap Data ADC (Desimal).....	28
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Pengujian Sensor Gaya Berat terhadap Data ADC (Desimal).....	28

Gambar 4.3 Grafik Pengujian Penguatan AD62329



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan alat ukur instrument yang semakin canggih tidak akan lepas dari hukum-hukum fisika dasar yang telah ada sebelumnya. Hanya saja akan mengalami penyempurnaan dan pembaruan untuk memberikan hasil yang lebih optimal. Gaya sentripetal merupakan gaya yang bekerja pada sebuah benda dan mengarah pada pusat lintasan gerak sehingga menyebabkan benda melakukan gerak melingkar. Alat ukur gaya sentripetal ini dibuat untuk memberikan pembuktian keakuratan alat ukur yaitu dengan membandingkan nilai gaya yang terukur pada sensor dengan gaya sentripetal menurut perhitungan.

Pada alat ini akan dibuat sebuah mekanik yang terdiri dari kerangka utama yang merupakan tumpuan plat untuk berputar, plat setimbang yang akan diletakkan tepat pada kerangka utama dengan beban yang setimbang pada kedua sisinya. Beban pertama merupakan beban untuk penyeimbang dan beban kedua adalah media yang akan digunakan untuk melakukan pengukuran. Beban pertama yang akan dipasangkan permanen pada lengan plat pertama dan beban kedua akan dipasangkan pada plat lengan yang bersebrangan dengan lengan yang pertama yang akan dilengkapi dengan dinamik track untuk pengukuran pergerakan gaya sentripetal. Pada benda kedua akan diikat dengan sebuah tali yang akan dihubungkan dengan katrol tepat pada poros tengah plat menuju sensor gaya. Selain kerangka utama akan dibuat kerangka kedua untuk meletakkan sensor gaya.

Piranti elektronika akan dipasangkan sensor optocoupler pada sumbu putar plat untuk menghitung besarnya kecepatan plat berputar dan akan dipasangkan pula sensor gaya yang akan menahan beban dinamik.

Cara kerja alat ini adalah dengan memutar plat sejajar dengan menggunakan motor *DC* sehingga plat akan berputar dengan kecepatan putar ω konstan dan benda dinamik akan mengalami gaya sentripetal F_s mengarah ke pusat lintasan yang akan menarik sensor gaya yang terikat dengan beban dinamik

dengan tali. Hasil pembacaan sensor akan diumpankan ke komputer dengan komunikasi serial.

1.2 Pembatasan Penelitian

Pada saat plat diputar dengan menggunakan motor maka beban dinamik pada plat akan mendapatkan gaya yang seolah olah melemparkan benda tersebut keluar lintasan tetapi keadaan itu ditahan oleh seutas tali sehingga akan memberikan gaya sentripetal F_s yang akan menahan beban dinamik untuk keluar lintasan. Ketegangan tali tersebut akan dihubungkan dengan sensor gaya yang sensitif dengan adanya tarikan (gaya). Dengan persamaan $F_s = ma$, dimana a merupakan percepatan sentripetal dan F_s adalah gaya sentripetal, $a = \omega^2 \cdot r$. Kecepatan benda juga akan terukur sesuai dengan kecepatan putaran benda pada plat yang berputar dengan jari-jari r .

Massa benda m akan ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui harga massa m . Posisi benda pada plat juga akan ditentukan untuk menetapkan harga jari-jari r .

Penulis akan membandingkan gaya yang terukur pada sensor dengan gaya sentripetal menurut perhitungan dari variabel yang telah diketahui memenuhi persamaan $F_s = m \omega^2 r$. Dengan memberikan variasi jari – jari r (m) dan variasi kecepatan putar motor.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah lima poin penting yang menjadi tujuan penelitian. Diharapkan kelima poin yang ditulis dibawah ini dapat dijawab dengan selesainya skripsi.

1. Membuat mekanik untuk memungkinkan gaya sentripetal bisa terukur dengan akurat.
2. Membuat piranti elektronika yang mampu mengintepretasikan gaya sentripetal yang terukur pada sensor dan pada perhitungan dalam bentuk tegangan dan mengirim data tegangan tersebut ke komputer.
3. Membuat piranti lunak yang mampu menampilkan data gaya sentripetal dan kecepatan putar secara visual

4. Menunjukkan pengaruh kecepatan putar ω dan jari-jari r terhadap gaya sentripetal.

1.4 Metodologi Penelitian

Pada bagian ini penulis menggunakan lima poin yaitu perancangan alat, pembuatan alat, pengujian sistem, pengambilan data dan penulisan penelitian. Berikut akan dijelaskan materi yang dilakukan dari kelima poin tersebut.

- a. Perancangan Alat

Penulis berusaha untuk membuat suatu rancangan sistem baru dalam penelitian, berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya.

- b. Pembuatan Alat

Pada bagian ini berisi mengenai proses perencanaan rancang bangun dari sistem mekanik yang dibuat. Pada bagian piranti elektronika akan membahas desain dan cara kerjanya, sedangkan untuk bagian piranti lunak akan dibahas program yang digunakan dalam pengambilan data.

- c. Pengujian Sistem

Pada bagian ini merupakan proses pengujian dari sistem akuisisi yang dibuat, dengan tujuan untuk mengetahui apakah kinerja dari sistem yang dibuat sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

- d. Pengambilan Data

Setelah alat diuji secara keseluruhan sebagai suatu sistem sehingga dapat dilihat apakah sistem dapat bekerja dengan baik dan benar, sehingga penulis dapat melakukan pengambilan data.

- e. Penulisan Penelitian

Dari hasil pengujian dan pengambilan data kemudian dilakukan suatu analisa sehingga dapat diambil suatu kesimpulan. Membahas dan menjawab kebutuhan informasi mengenai topik utama. Dalam hal ini akan ditemukan informasi tentang hasil perbandingan kecepatan putar benda dengan gaya sentripetal. Dengan adanya beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian akan dibagi menjadi beberapa bab, dengan susunan sebagai berikut :

1.5.1 Bab 1. Pendahuluan

Bab ini merupakan penjelasan secara umum yang menjelaskan latar belakang permasalahan, pembatasan masalah yang ingin diselesaikan, tujuan penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan pada penelitian yang dilakukan.

1.5.2 Bab 2. Landasan Teori

Pada bab ini berisi tentang konsep yang mendasari cara kerja dari alat ukur gaya sentripetal secara garis besar.

1.5.3 Bab 3. Perancangan Sistem

Bab ini membahas perancangan dan penggunaan perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung sistem selama penelitian berlangsung.

1.5.4 Bab 4 Pembahasan

Bab ini berisi penjelasan mengenai pembahasan hasil penelitian dan analisa terhadap seluruh proses yang berlangsung selama penelitian.

1.5.5 Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan secara keseluruhan terhadap proses yang berlangsung selama penelitian dan saran yang mendukung penelitian selanjutnya agar dapat memberikan hasil yang lebih baik.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Beberapa teori yang akan dibahas sehubungan dengan pengukuran kecepatan dan gaya sentripetal yang terjadi pada benda yang berputar serta akan dibahas pula beberapa komponen dasar atau sensor yang dipakai di penelitian ini.

2.1. Hukum Newton

Dalam hukum kedua Newton mengatakan sebuah benda dengan massa m mengalami gaya resultan sebesar F akan mengalami percepatan a yang arahnya sama dengan arah gaya, dan besarnya berbanding lurus terhadap F dan berbanding terbalik terhadap m . [1]

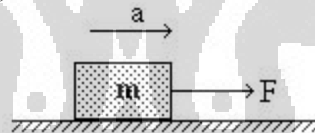
$$F = ma \quad (2.1)$$

,dengan :

F = Gaya (Newton)

m = massa benda (kg)

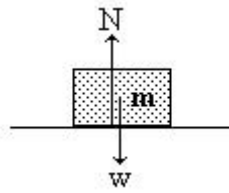
a = percepatan (m/s^2)



Gambar 2.1 Visualisasi Hukum Kedua Newton

Jika benda berada pada suatu bidang, bidang tersebut akan memberikan gaya pada benda tadi yang disebut dengan gaya kontak. Jika gaya kontak ini tegak lurus permukaan bidang maka disebut gaya normal (N). Besar gaya normal bergantung dari besar gaya lain yang bekerja pada benda tersebut. Jika seperti Gambar 2.2 maka

$$\begin{aligned} \Sigma F &= 0 \\ N - w &= 0 \\ N &= w \end{aligned} \quad (2.2)$$



Gambar 2.2 Benda Diam Diatas Pemukaan

Berat adalah gaya gravitasi yang bekerja pada suatu benda. Akibat gaya ini, benda yang jatuh bebas akan memperoleh percepatan $a = g$ (percepatan gravitasi bumi). Dengan demikian berat benda dapat ditulis.

$$w = mg \quad (2.3)$$

,dengan :

w = berat benda (Newton)

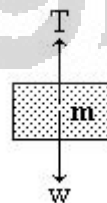
m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

Arah dari gaya gravitasi bumi selalu menuju pusat bumi (tegak lurus bidang datar).

Tegangan tali adalah gaya pada tali ketika tali tersebut dalam keadaan tegang. Arah dari tegangan tali bergantung dari titik atau benda yang ditinjau.

Jika sebuah benda menggantung pada seutas tali dengan massa m seperti pada Gambar 2.3, benda tersebut akan mengalami gaya berat (w) yang arahnya kebawah searah dengan gaya gravitasi dan gaya tegangan tali (T) yang arahnya berlawanan dengan berat benda.



Gambar 2.3 Benda Diam Digantung Pada Seutas Tali

Akan berlaku juga hukum newton untuk menyelesaikan persamaan ini :

$$\Sigma F_y = ma$$

$$T - w = m \cdot 0$$

$$T = w \quad (2.4)$$

2.2. Gaya Sentripetal

Menurut Hukum kedua Newton, diperlukan gaya untuk mempecepat sebuah benda. Sebuah benda yang bergerak melingkar beraturan memiliki percepatan sentripetal. Oleh karena itu harus ada gaya yang memberikan percepatan sentripetal. Gaya tersebut adalah gaya sentripetal F_s . [2]

$$\Sigma F = ma$$

$$F_s = \frac{mv^2}{r} \quad (2.5)$$

atau

$$\text{Jika } V = \omega r \quad (2.6)$$

$$F_s = m\omega^2 r \quad (2.7)$$

$$\text{Jika } \omega = 2\pi f \quad (2.8)$$

$$F_s = m(2\pi f)^2 r$$

$$F_s = 4\pi^2 m f^2 r \quad (2.9)$$

$$\text{Jika } f = 1/T$$

$$F_s = \frac{4\pi^2 m r}{T^2} \quad (2.10)$$

dengan :

F_s = Gaya sentripetal (Newton)

m = massa benda (kg)

a_s = percepatan sentripetal (m/s^2)

V = kecepatan sentripetal (m/s)

r = jari-jari (meter)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

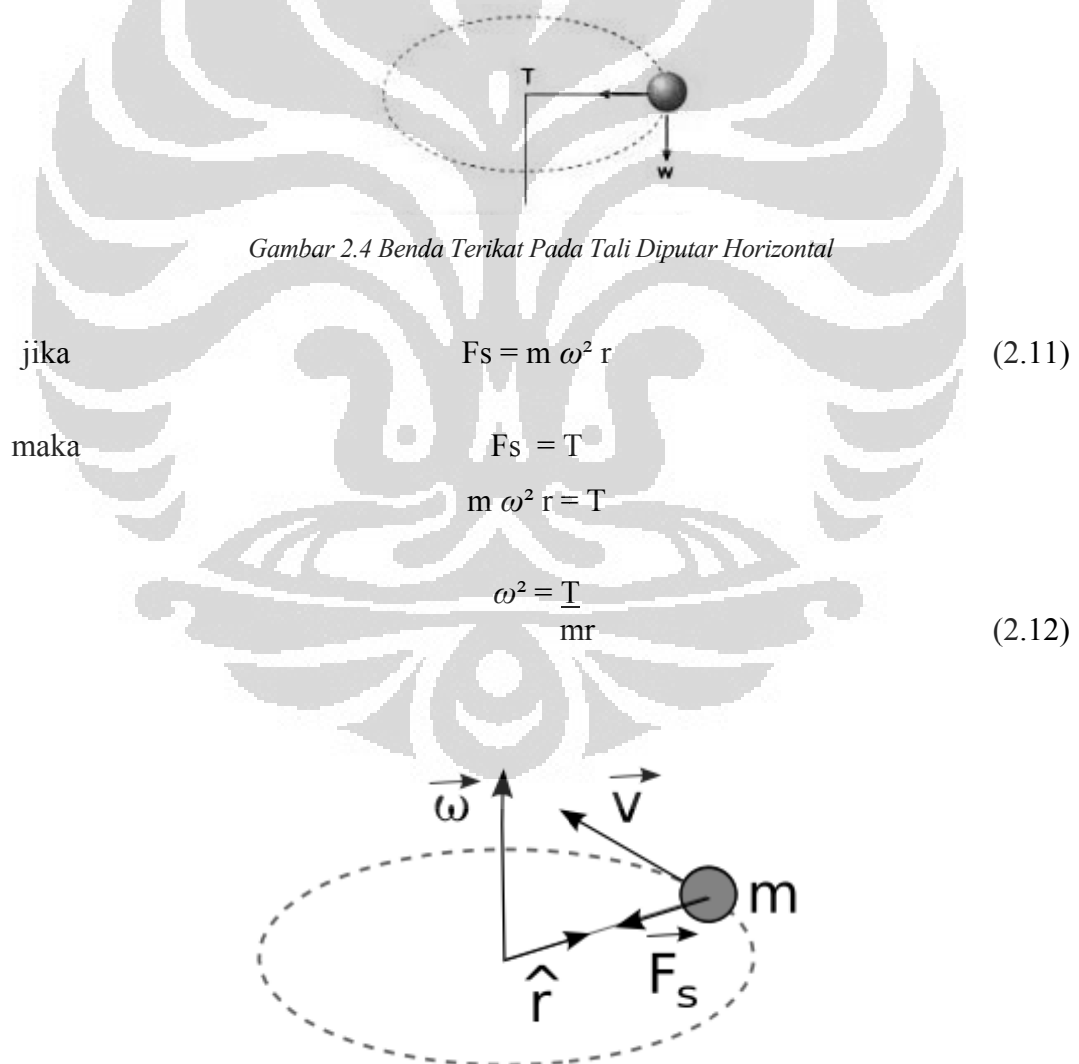
f = frekuensi (Hertz)

T = periode (sekon)

Percepatan sentripetal menuju pusat lingkaran sehingga resultan gayanya juga menuju pusat lingkaran. Gaya ini disebut gaya sentripetal. Gaya sentripetal diperlukan untuk menjaga agar benda tetap bergerak dalam lintasan lingkaran.

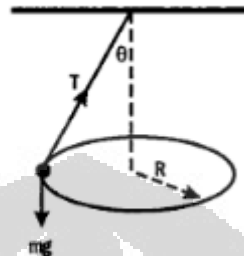
Bila sebuah benda yang terikat pada seutas tali dan mengayunkannya dalam lintasan horisontal diatas kepala maka akan timbul gaya karena kondisi benda tersebut yang berputar pada lintasan lingkaran. Gaya sentripetal (F_s) diwakili oleh tegangan tali T , seperti Gambar 2.4.

Dalam hal ini gaya berat w tidak memiliki proyeksi pada arah horisontal, sehingga gaya berat tidak diperhitungkan karena gaya sentripetal F_s berupa gaya tegangan tali.



Gambar 2.5 Vektor Gaya Sentripetal

Berbeda halnya dengan ayunan konis. Ayunan konis mempunyai lintasan tali yang membentuk sudut θ terhadap sumbu y seperti pada gambar 2.6 . Gambar 2.7 merupakan gaya-gaya yang bekerja pada lintasn konis.



Gambar 2.6 Ayunan Konis

Gaya yang bekerja pada sumbu y adalah

$$\Sigma F_y = 0$$

$$T_y - mg = 0$$

$$T \cos \theta - mg = 0$$

$$T \cos \theta = mg$$

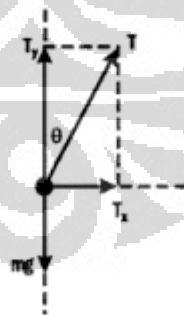
(2.13)

Gaya yang bekerja ke pusat lingkaran adalah

$$T_x = F_s$$

$$T \sin \theta = m \omega^2 r$$

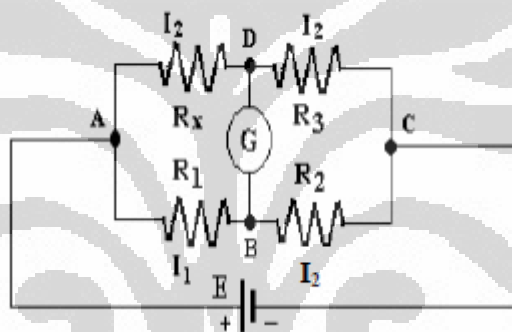
(2.14)



Gambar 2.7 Gaya yang Bekerja pada Ayunan Konis

2.3 Sensor Gaya

Sensor gaya atau *force sensor* adalah piranti elektronik yang untuk mengukur besarnya gaya pada suatu benda. Sensor ini menggunakan prinsip jembatan wheatstone. Rangkaian elektrik ini dibuat oleh Samuel Hunter Christie pada tahun 1833 dan dikembangkan lebih lanjut dan dipopulerkan oleh Sir Charles Wheatstone pada tahun 1843 sehingga terkenal dengan jembatan wheatstone. Jembatan Wheatstone kegunaannya untuk mengukur hambatan dengan cara menyeimbangkan kedua sisi rangkaian jembatan *bridge circuit*. Satu sisi jembatan terdapat komponen yang tak diketahui nilai resistansinya sedangkan sisi lain diketahui nilai resistansinya. Operasi ini juga mirip dengan potensiometer. Jembatan ini dibuat dengan merangkai empat buah hambatan dalam susunan seperti Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Jembatan Wheatstone

Pada Gambar 2.6, R_x adalah komponen yang ingin diketahui hambatannya. R_1 , R_2 , dan R_3 adalah resistor yang diketahui hambatannya dan hambatan pada R_2 dapat diubah dan disesuaikan. Jika perbandingan antara kedua hambatan di sisi yang diketahui (R_2/R_1) sama dengan perbandingan sisi yang dicari, tegangan antara kedua titik potong (B dan D) akan menjadi nol dan tak ada arus listrik yang mengalir melalui galvanometer V_G . Jika jembatan tak seimbang (atau nilai salah satu sisi hambatan lebih besar dari hambatan lainnya), arah arus yang mengalir akan mengindikasikan apakah R_2 terlalu tinggi atau terlalu rendah. R_2 akan bervariasi atau diubah-ubah nilainya sampai tidak ada arus mengalir melalui galvanometer, yang berarti terbaca nol. Pada posisi seimbang, perbandingan antara

$$R_2 / R_1 = R_x / R_3 \quad (2.15)$$

atau

$$R_x = (R_2 / R_1) \times R_3 \quad (2.16)$$

Selain itu, jika R_1 , R_2 dan R_3 diketahui namun R_2 tidak dapat diubah-ubah nilai hambatannya, perbedaan tegangan yang ada atau arus yang mengalir melalui galvanometer dapat digunakan untuk mengukur nilai R_x .

Jika kita ulas sedikit tentang hukum kirchoft adalah hukum tentang bidang kelistrikan dan banyak dipakai selain hukum Ohm. Hukum ini diajukan oleh seorang fisikawan bernama Gustav Kirchhoff. Pada tingkat lanjut hukum ini akan menjelaskan tentang persamaan yang berkaitan dengan konservasi muatan dan energi dalam rangkaian listrik.

Hukum Kirchoff I berbunyi “Jumlah kuat arus yang masuk dalam titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus yang keluar dari titik percabangan.”. Artinya Jumlah I masuk = I keluar. Sehingga terjadi keseimbangan energi karena tak ada energi listrik yang hilang maupun diciptakan selama melalui percabangan, sehingga dapat dijabarkan dari rangkaian jembatan wheatstone pada Gambar 2.6;

Arus yang mengalir pada simpul B dan D

$$\begin{aligned} I_3 + I_x + I_g &= 0 \\ I_1 - I_2 - I_g &= 0 \end{aligned} \quad (2.17)$$

Hukum Kirchoff II berbunyi, “Dalam rangkaian tertutup, jumlah aljabar GGL (E) dan jumlah penurunan potensial sama dengan nol.” Dari hukum ini dapat kita simpulkan bahwa jumlah penurunan potensial sama dengan nol memiliki arti bahwa tidak adanya energi listrik yang hilang dalam rangkaian tersebut . Atau dengan kata lain semua energi bisa digunakan atau diserap.[3]

Tegangan pada loop ABD dan BCD

$$(I_3 \cdot R_3) - (I_g \cdot R_g) - (I_1 \cdot R_1) = 0 \quad (2.18)$$

$$(I_x \cdot R_x) - (I_2 \cdot R_2) - (I_g \cdot R_g) = 0 \quad (2.19)$$

Jika jembatan dianggap setimbang $I_g = 0$, sehingga persamaan 2.16 dan 2.17 dapat ditulis menjadi:

$$I_3 \cdot R_3 = I_1 \cdot R_1 \quad (2.20)$$

$$I_x \cdot R_x = I_2 \cdot R_2 \quad (2.21)$$

Sehingga

$$R_x = \frac{R_2 I_2 I_3 R_3}{R_1 I_1 I_x} \quad (2.22)$$

Tegangan V_G dapat diketahui dengan persamaan :

$$V_G = \left(\frac{R_x}{R_3 + R_x} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_S$$

Gambar fisik dari sensor gaya dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Sensor Gaya

Karakteristik dari sensor gaya sesuai dengan datasheet sensor gaya adalah

Table 1. Absolute Maximum Ratings¹

Parameter	Min.	Max.	Unit
Electro-Static Discharge (ESD)	-	8	kV
Storage temperature ²	-40 [-40]	100 [212]	°C [°F]
Solderability ³	-	260 [500] for 10 s	°C [°F]

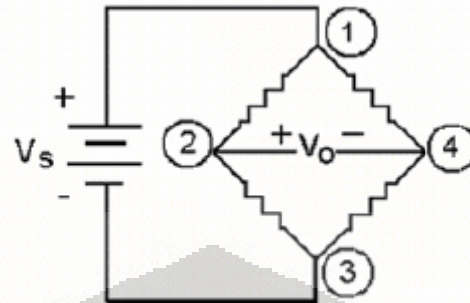
Table 2. Operating Specifications (Performance characteristics at 5.0 ± 0.01 Vdc excitation, 25 °C [77 °F])

Parameter	Min.	Typical	Max.	Unit
Supply voltage ⁴	3.0	5.0	6.0	V
Operating force	0	-	14.7	N
Operating temperature ⁵	-40 [-40]	-	85 [185]	°C [°F]
Offset ⁶	-15	0	15	mV
Span ⁷	150	180	210	mV
Sensitivity ⁸	10.2	12.2	14.3	mV/N
Force non-linearity (BFSL) ⁹	-	±0.7	±1.5	%FSS
Repeatability at 2.9 N ¹⁰	-	±1.5	-	mV
Mechanical hysteresis ¹¹	-	±0.5	-	%FSS
Thermal effect on offset ¹² 25 °C to 0 °C [77 °F to 32 °F], 25 °C to 50 °C [77 °F to 122 °F]	-	±0.5	-	mV
Thermal effect on span ¹³ 25 °C to 0 °C [77 °F to 32 °F], 25 °C to 50 °C [77 °F to 122 °F]	-	±5.5	-	%FSS
Input resistance	4.0	5.0	6.0	kOhm
Output resistance	4.0	5.0	6.0	kOhm
Over force ¹⁴	44	-	-	N

Table 3. Environmental Specifications

Parameter	Characteristics
Shock	Qualification tested to 150 G
Vibration	Qualification tested to 0 to 2 kHz, 20 G sine
Mean Cycles To Failure (MCTF) ¹⁵	20 million at 25 °C [77 °F]

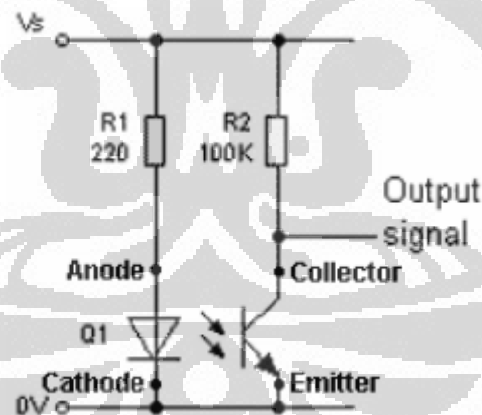
Gambar 2.10 adalah gambar rangkaian dari sensor gaya sesuai dengan *datasheet force sensor*.



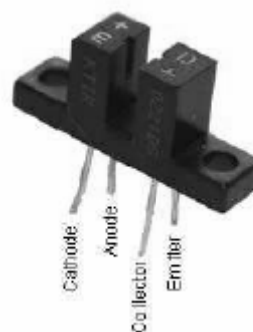
Gambar 2.10 Rangkaian Jembatan Wheatstone Untuk Sensor Gaya

2.4 Sensor Kecepatan

Isolator optik (*Opto – Isolator*) atau sering disebut dengan optocoupler adalah rangkaian terpadu yang terdiri dari fototransistor dan LED (*Light Emitting Diode*) / kombinasi antara *emitter* dan *detector*. Susunan dari optocoupler diperlihatkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Kombinasi Emitter dan Detektor

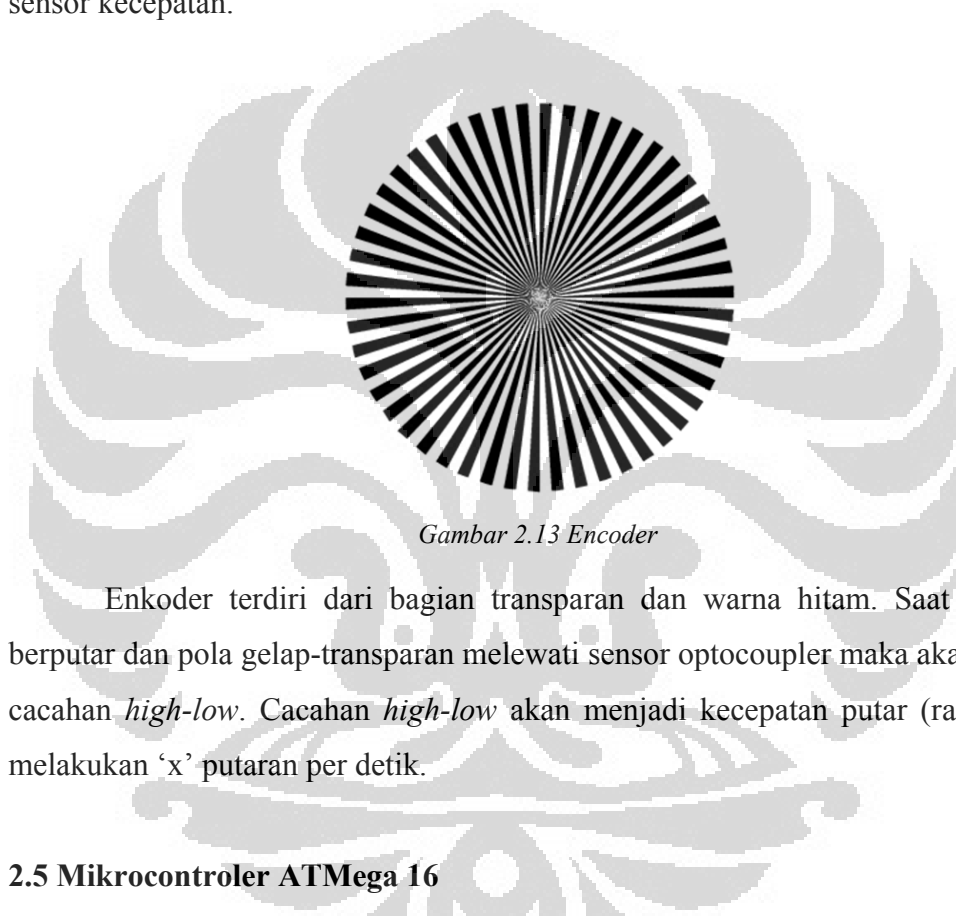


Gambar 2.12 Optocoupler Tipe-U

Cara kerja dari optocoupler adalah bila ada sebuah benda diletakkan di antara LED dan phototransistor sehingga cahaya infrared tidak tertangkap oleh phototransistor maka output akan 0 sedang bila tidak ada benda/penghalang yang menghalangi infrared agar tertangkap oleh phototransistor maka output akan 1.

Untuk mengaplikasikan *optocouper* menjadi sebuah sensor kecepatan diperlukan sebuah *encoder* untuk membentuk pola counter pada *optocoupler*.

Gambar 2.13 adalah encoder yang akan digunakan untuk pencacahan sensor kecepatan.



Gambar 2.13 Encoder

Encoder terdiri dari bagian transparan dan warna hitam. Saat encoder berputar dan pola gelap-transparan melewati sensor optocoupler maka akan terjadi cacahan *high-low*. Cacahan *high-low* akan menjadi kecepatan putar (rad/s) saat melakukan 'x' putaran per detik.

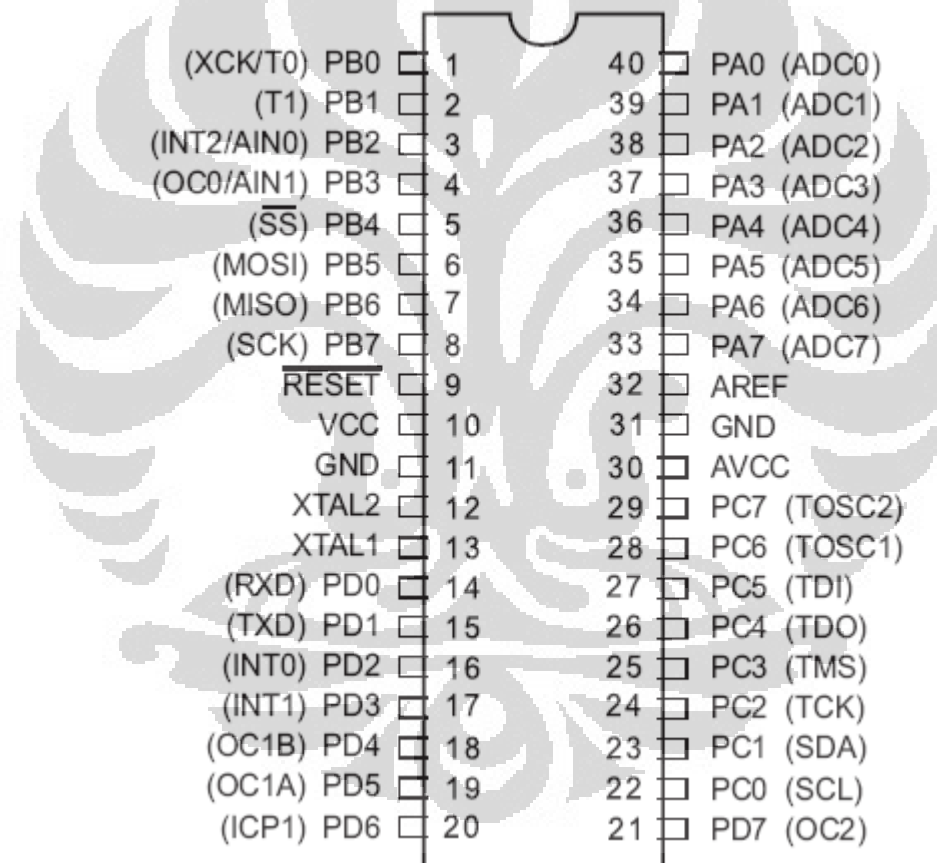
2.5 Mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroler merupakan salah satu jenis komponen elektronika yang mengalami perkembangan pesat dalam hal aplikasi. Disamping mudah dioperasikan juga memiliki kapasitas yang cukup besar. Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di dalamnya. Mikrokontroler umumnya terdiri dari CPU, memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti Analog-to-Digital Converter (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya.

Penggunaan mikrokontroler sangat luas, tidak hanya untuk akuisisi data

melainkan juga untuk pengendalian di pabrik-pabrik, kebutuhan peralatan kantor, peralatan rumah tangga, automobol, dan sebagainya. Hal ini disebabkan mikrokontroler merupakan sistem mikroprosesor (yang di dalamnya terdapat CPU, ROM, RAM dan IO) yang telah terpadu pada satu keping, selain itu komponennya murah dan mudah didapatkan di pasaran[4].

Mikrokontroler AVR, pada umumnya dapat dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya, akan tetapi hampir sama pada segi arsitektur dan instruksi yang digunakan [5].

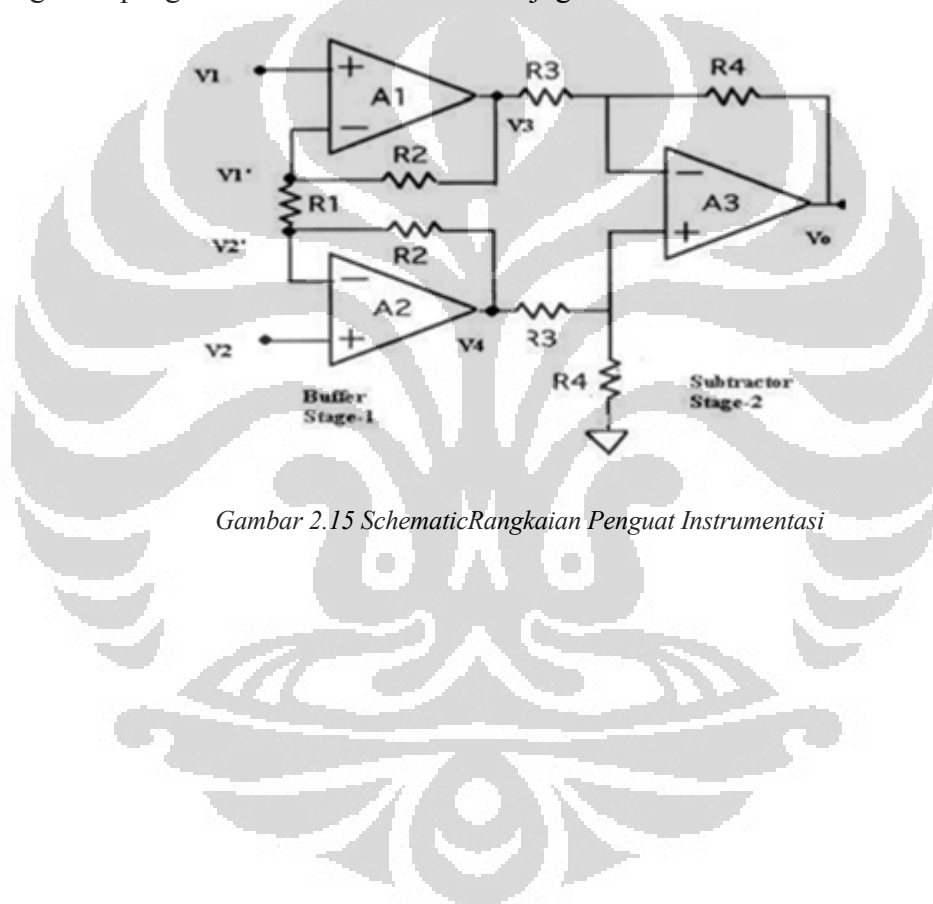


Gambar 2.14ATMega 16

2.6 Penguat Instrumentasi

Penguat instrumentasi adalah penguat yang ditujukan untuk mengakuisisi sinyal yang mempunyai amplitudo yang lebih lemah dibandingkan derau yang menumpangi. Keunggulan dari penguat instrumentasi antara lain mempunyai

impedansi tinggi, CMRR tinggi dan penguatan tinggi yang biasanya dapat diatur melalui satu tahanan tunggal. Fungsi utama dari penguat instrumentasi adalah menahan tegangan *common-mode* DC atau tegangan lain yang bernilai sama pada kedua masukan penguat dan memperkuat tegangan dari kedua masukan. Rangkaian dasar dari penguat instrumentasi, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.15, umumnya menggunakan tiga penguat operasional dan dibagi menjadi dua tahapan. Tahapan pertama terdiri dua op-amp dengan struktur rangkaian tak membalik. Tahapan pertama ini disebut juga *buffer*. Pada tahapan kedua, terdapat rangkaian penguat differensial atau disebut juga *subtractor*.



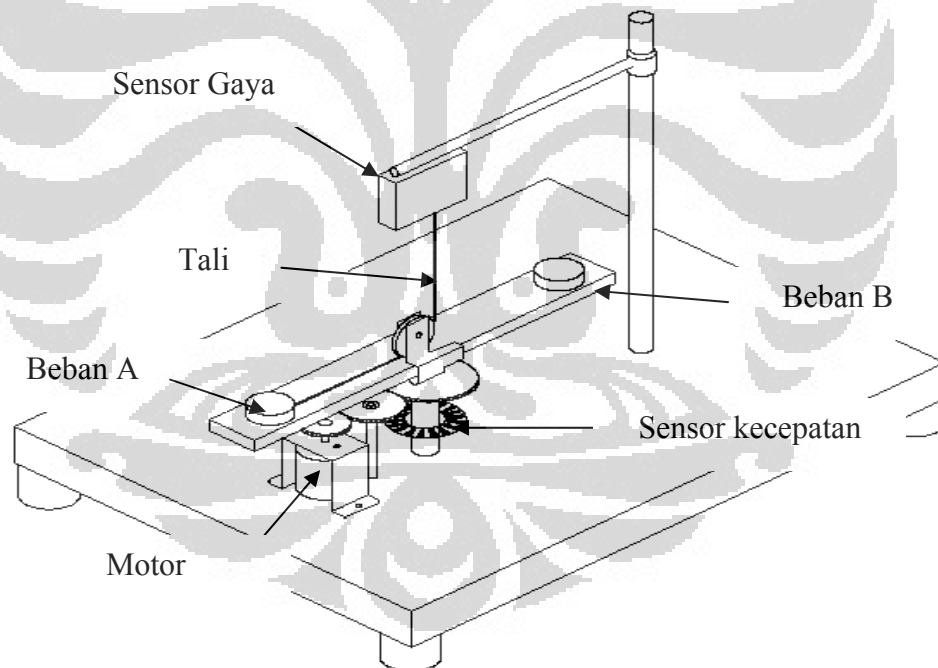
Gambar 2.15 Schematic Rangkaian Penguat Instrumentasi

BAB 3 PERANCANGAN SYSTEM

Dalam bab ini akan dijelaskan perancangan alat ukur gaya sentripetal yang terdiri dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

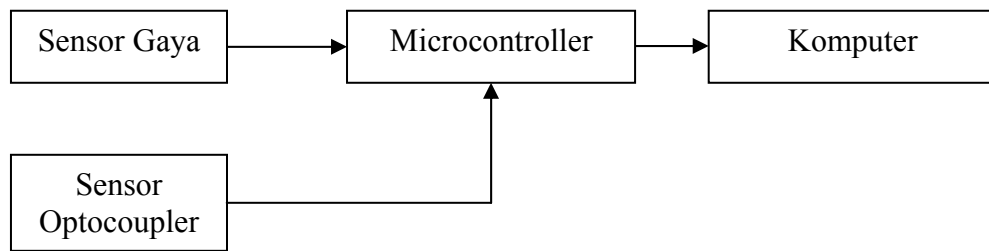
3.1 Perancangan Perangkat Keras

Pada alat ini akan dibuat sebuah mekanik yang terdiri dari kerangka utama yang merupakan tumpuan plat untuk berputar, plat setimbang yang akan diletakkan tepat pada kerangka utama dengan beban pada masing-masing ujungnya. Beban pertama merupakan beban untuk penyeimbang dan beban kedua adalah media yang akan digunakan untuk melakukan pengukuran. Gambar 3.1 adalah rancang bangun alat ukur gaya sentripetal.



Gambar 3.1 Rancang Bangun Alat Ukur Gaya Sentripetal

Beban pertama yang akan dipasangkan pada lengan plat pertama dan beban kedua akan dipasangkan pada plat lengan yang bersebrangan dengan lengan yang pertama yang akan dilengkapi dengan *dinamik track* untuk pengukuran pergerakan benda.



Gambar 3.2 Blok Diagram Alat Ukur Gaya Sentripetal

Pada benda A akan diikat dengan sebuah tali yang akan dihubungkan dengan katrol tepat pada poros tengah plat menuju sensor gaya. Selain kerangka utama akan dibuat kerangka kedua untuk meletakkan sensor gaya.

Sensor optocoupler akan dipasangkan dengan sedemikian rupa di dekat sumbu putar untuk menghitung besarnya kecepatan benda berputar dengan menghitung cacah enkoder yang terpasang pada poros putar dan sensor gaya akan dipasang pada kerangka *support* kedua tepat diatas sumbu putar plat dengan dihubungkan dengan tali melalui sebuah katrol.

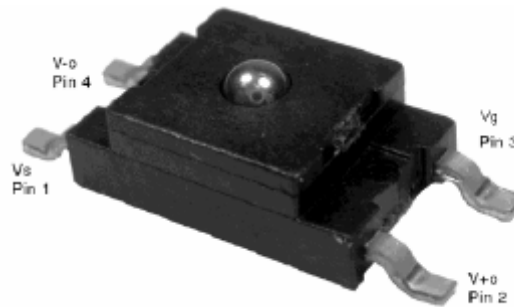
Berikut ini adalah komposisi komponen dasar yang digunakan pada perancangan mekanika sistem.

- a. Beban seberat 0.1 kg sebanyak 2 buah, yang merupakan massa benda yang akan diputar.
- b. Lengan / pelat ayun panjang 47 cm
- c. Kerangka mekanik.
- d. Motor DC

3.1.1 Sensor Gaya

Sensor gaya yang digunakan adalah seri FSS-SMT produk keluaran dari Honeywell dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a. Tegangan *supply* 3 -6 volt,
- b. Range gaya maksimum adalah 14,7 Newton.
- c. Maksimum arus 1.2 mA
- d. Sensitivitas 12.2 mV/N
- e. Offset \pm 15mv



Gambar 3.3 Kaki-kaki Sensor Gaya

Susunan kaki-kaki sensor gaya adalah sebagai berikut :

Pin 1 = Supply V_s (+)

Pin 2 = Output V_o (+)

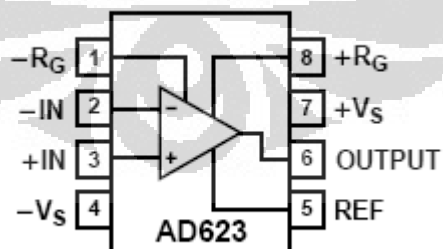
Pin 3 = Ground V_g (-)

Pin 4 = Output V_o (-)

Setiap perubahan gaya yang menekan kepala dari sensor maka akan terjadi perubahan tegangan yang sebanding dengan perubahan gaya tersebut yaitu 12.2 mV/N sesuai dengan karakteristik dari sensor tersebut.

3.1.2 Rangkaian Penguatan

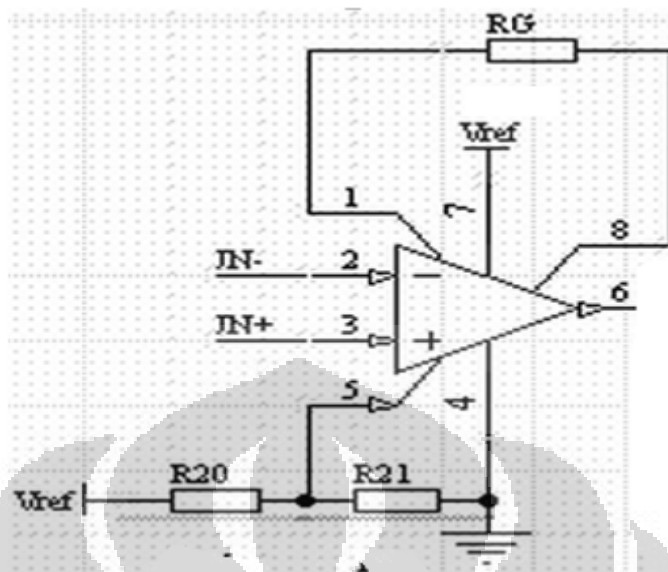
Penguat instrumentasi yang digunakan adalah AD623 dari sensor gaya yang pengeluarannya 12.2 mV/Newton. Penguat bekerja dengan catu tunggal dengan kisaran +3V ~ +12 V, berdaya rendah dengan catu arus maksimum 575 μ A, kemampuan penguatan berkisar antara 1~1000 kali.



Gambar 3.4 Kaki-kaki AD623

Dengan mempertimbangkan input skala 12.2 mV/N, penguat instrumentasi ditetapkan dengan penguatan sebesar 11 kali yang dapat diperoleh melalui formula $G = 1 + 100k\Omega / R_G$. R_G mempunyai nilai sebesar 11k Ω untuk

mendapatkan output sebesar $10 V_{in}$.



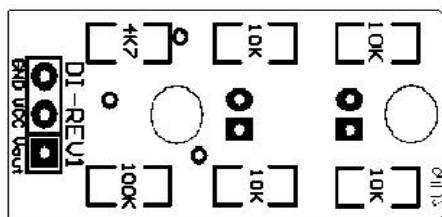
Gambar 3.5 Rangkaian AD623

Selain itu pada V_{ref} dipasangkan pembagi tegangan untuk mendapatkan tegangan *zero point* pada penguatan AD623. Harga resistor R20 dan R21 masing-masing adalah $33k$ & $100k$. V_{ref} pada kondisi *zero point* adalah 1.69 volt.

3.1.3 Sensor Optocoupler

Dalam perancangan alat pengukuran kecepatan putar, sensor kecepatan merupakan salah satu rangkaian yang memegang peranan yang sangat penting. Sensor kecepatan ini akan membaca encoder gelap dan transparan. Piringan sensor berfungsi untuk menghasilkan pulsa-pulsa elektrik yang akan diindra oleh *optocoupler* (sensor kecepatan) dengan cara memberi jalan pada tiap pinggir piringan. Piringan sensor yang digunakan sejumlah 100 bagian, dengan masing – masing bagian transparan dan gelap adalah 50 bagian.

Output dari sensor optocoupler high dan low akan diteruskan menuju *interrupt* mikro controller untuk dilakukan penghitungan pulsa yang dihasilkan tiap detik.

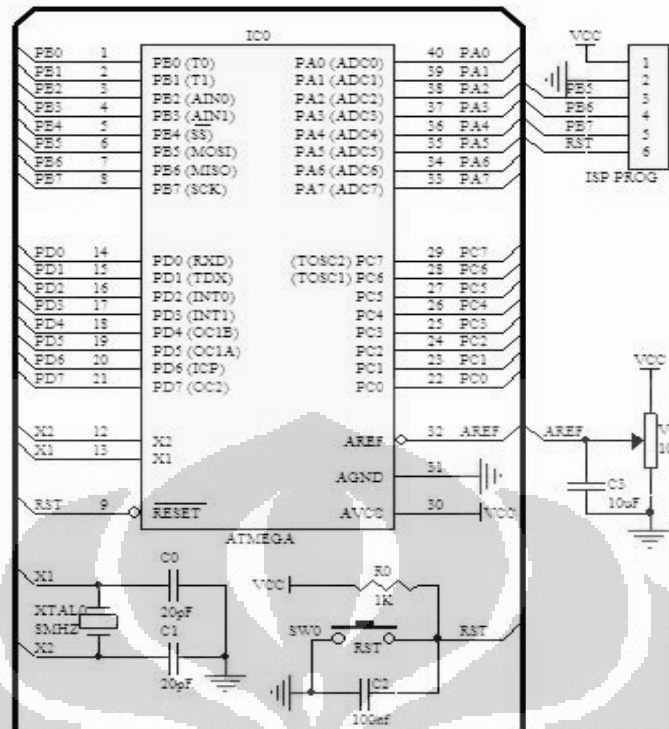


Gambar 3.6 Rangkaian Modul Optocoupler

3.1.4 Mikrokontroler ATmega 16

ATmega16 mempunyai empat buah port yang bernama *PortA*, *PortB*, *PortC*, dan *PortD*. Keempat port tersebut merupakan jalur *bidirectional* dengan pilihan *internal pull-up*. Tiap port mempunyai tiga buah register bit, yaitu DDxn, PORTxn, dan PINxn. Pada rangkaian sistem minimum ini dilengkapi dengan kristal untuk membangkitkan frekuensi tinggi. *PortA* terhubung dengan kaki pin ADC. Rangkaian minimum sistem mikrokontroler Atmega 16. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt internal* dan *eksternal*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*, ADC dan PWM internal. Mikrokontroler Atmega16 mempunyai 40 kaki, yang masing-masing kaki atau pin mempunyai fungsi dan kegunaan masing-masing yaitu sebagai ADC, interrupt, jalur komunikasi dan sebagai pin paralel, setiap pinnya terdiri dari 8 jalur yaitu dari jalur 1 sampai 8.

Sensor gaya akan terhubung dengan ADC (Port A,0), sensor optocoupler akan dihubungkan ke kaki Int0 (PortD,2) yang sama fungsinya sebagai counter. Serial I/O akan dihubungkan pada PD0 (RxD) dan PD1 (TxD), Timer 0 sebagai internal clock akan menggunakan channel PBO.



Gambar 3.7 Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler Atmega 16.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini bahasa pemrograman perangkat lunak yang digunakan adalah bahasa Basic BASCOM-AVR dan LabVIEW 8.5.

3.2.1 Pemrograman Mikrocontroller

Mikrokontroler pada sistem ini digunakan sebagai portal pertama pengambilan data. Mikrokontroler mengambil data tegangan pada sensor gaya dan data pulsa *high-low* untuk sensor *optocoupler*.

Pencacahan data sensor *optocoupler* dimulai dengan men-*set* nilai cacah awal *interrupt* pada kondisi nol dan timer cacah pada kondisi nol juga. Saat *timer* dan *counter* dalam kondisi nol penghitungan cacah *optocoupler* akan dimulai dengan membaca pulsa *high-low* yang terkirim pada mikrokontroler melalui port *interrupt*. Pulsa *high* dan *low* pada sensor *optocoupler* akan di baca oleh mikrokontroler sebagai hitungan untuk mencari kecepatan putar benda. Metode yang digunakan adalah penghitungan pulsa *high* dan *low* yang terjadi per detik dibagi 50 (enkoder) dikalikan dengan keliling lingkaran (2π) sehingga akan menghasilkan kecepatan dalam radian/ detik.

Tegangan sensor gaya yang telah dikuatkan akan dikirimkan ke Mikrokontroler melalui port *Analog to Digital Converter* yang terintegrasi dalam chip atmega16. Akan diperoleh data ADC dalam bentuk desimal yang siap dikirimkan ke komputer.

Data berupa kecepatan putar benda (rad/detik) dan data decimal ADC akan dikirimkan melalui komunikasi serial menuju komputer secara kontinu. Saat tombol stop pada komputer ditekan maka komunikasi serial mikrokontroler dengan komputer akan berhenti.

Secara umum Diagram Aliran Program pada microcontroller digambarkan pada Gambar 3.8.

3.2.2 Pemrograman Labview

Untuk pemrograman di labview akan mengolah data masukan dari mikrokontroler via serial yang berupa data ADC (desimal) dari sensor gaya dan nilai kecepatan putar (rad/detik). Akan di inputkan nilai jari-jari, m posisi benda dan nilai massa benda, kg .

Data ADC (desimal) dari mikrokontroler yang telah terkirim ke komputer akan diolah oleh labview menjadi gaya (Newton) melalui persamaan :

$$\text{Gaya pada sensor (N)} = \text{Data ADC} (0.015) - 5,467 \quad (3.1)$$

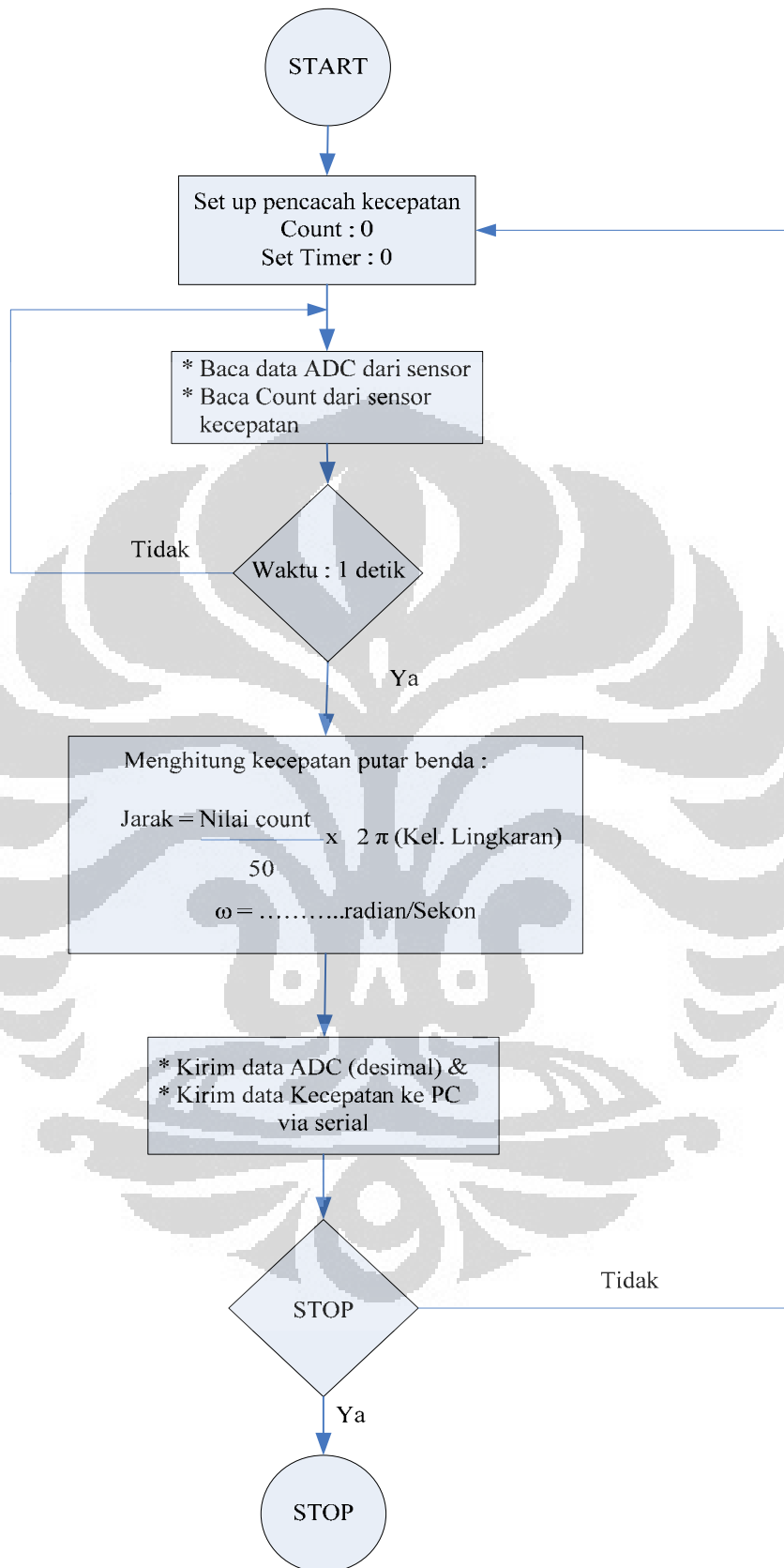
Komputer juga akan menerima data kecepatan putar dari mikrokontroler dan data kecepatan putar tersebut akan digunakan untuk menghitung nilai gaya sentripetal secara perhitungan melalui persamaan :

$$F_s \text{ perhitungan (N)} = m\omega^2 r \quad (3.1)$$

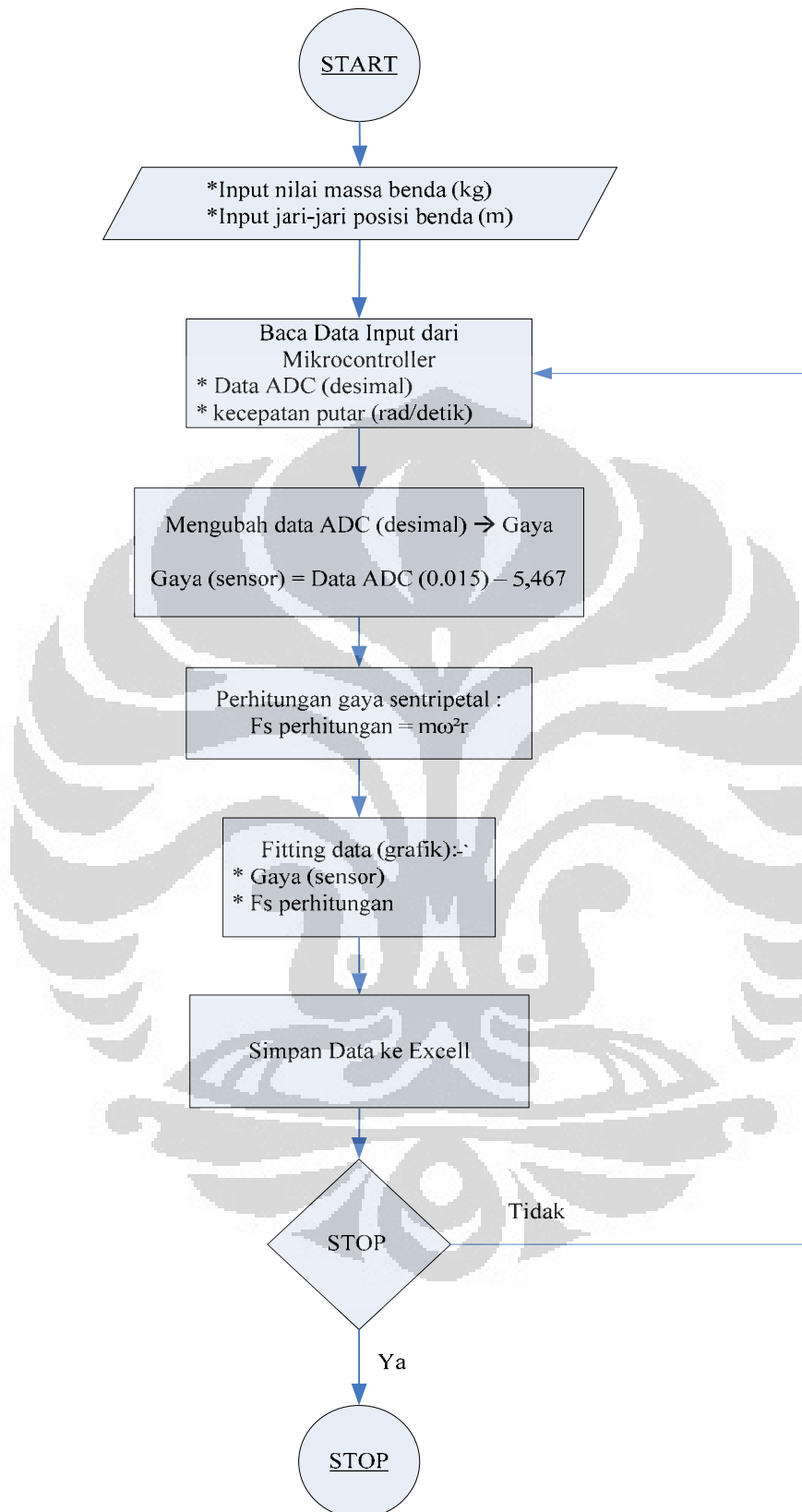
Hasil dari gaya yang terbaca pada sensor dan F_s perhitungan akan di plot pada dua grafik yang berbeda, gaya *versus* waktu.

Hasil perhitungan F sensor dan F_s perhitungan akan tersimpan secara otomatis pada format excel.

Diagram Alir rogram pada komputer dapat dilihat pada Gambar 3.9

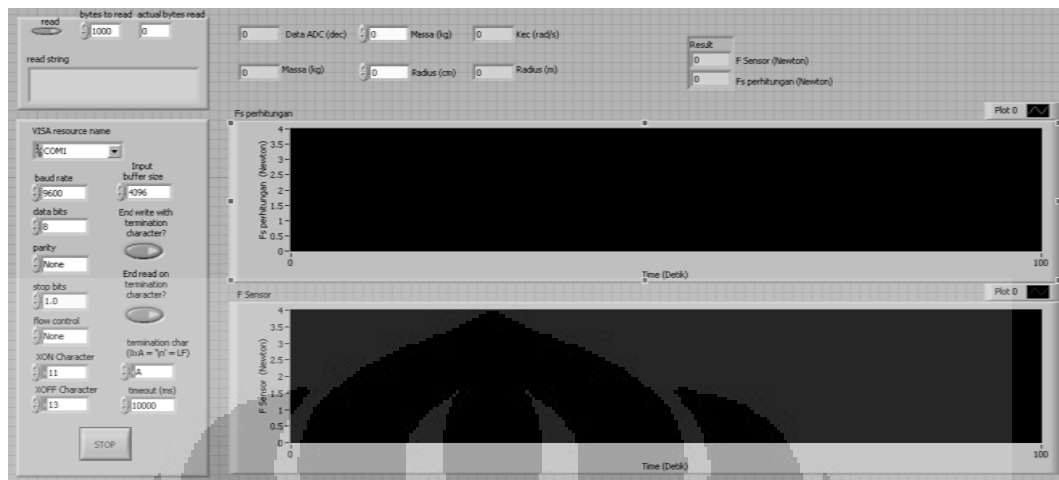


Gambar 3.8 Diagram Alir Pengolahan Data pada Mikrokontroler



Gambar 3.9 Diagram Alir Program pada Personal Komputer

Pada Gambar 3.10 adalah *visualisasi* GUI pada labview yang merupakan hasil perbandingan grafik gaya sensor *versus* gaya sentripetal perhitungan.



Gambar 3.10 Tampilan GUI pada Labview

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas tentang pengujian dan analisa sistem yang telah dikerjakan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan system apakah telah berfungsi seperti apa yang diharapkan dan menganalisa apabila terjadi kegagalan. Pengujian yang dilakukan meliputi pengamatan terhadap karakterisasi output sensor gaya, sensor kecepatan, penguatan sinyal dan hasil *fitting* gaya *versus* kecepatan.

4.1 Pengujian Sensor Gaya

Sensor gaya diuji (dikalibrasi) dengan memberikan beban bandul (kg) pada sensor dan mencatat data ADC dalam bilangan desimal. Berikut merupakan hasil kalibrasi dari sensor gaya.

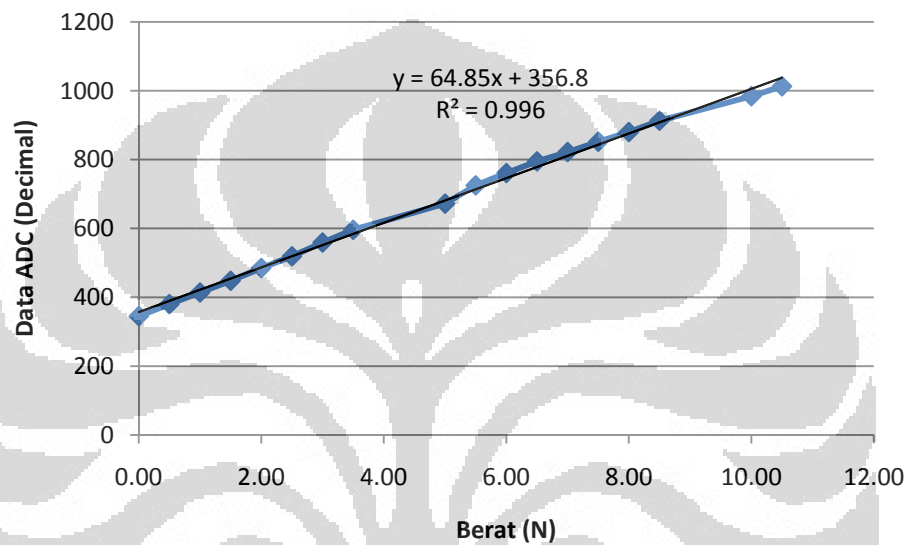
Tabel 4.1 Pengujian Sensor Gaya terhadap Berat

Berat (N)	Data ADC (Decimal)
0.00	345
0.50	380
1.00	414
1.50	448
2.00	485
2.50	519
3.00	559
3.50	596
5.00	672
5.50	725
6.00	761
6.50	795
7.00	822
7.50	852
8.00	880
8.50	913
10.00	984
10.50	1013

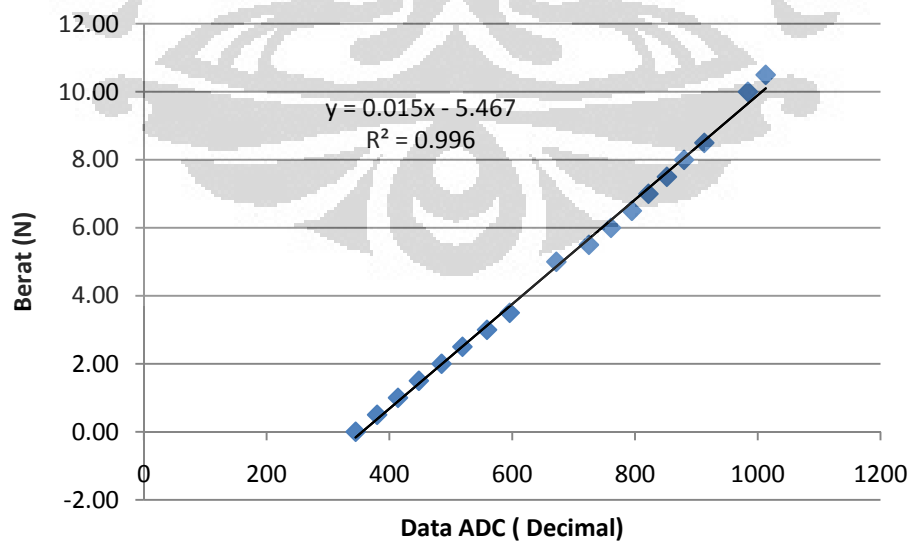
Tabel 4.1 menjelaskan hubungan data keluaran ADC dalam satuan decimal sebanding dengan tiap perubahan input berat (kg) yang diberikan pada

sensor gaya. Gambar 4.1 menunjukkan grafik hubungan berat (N) dengan output data ADC (decimal). Didapatkan persamaan garis lurus $y = 64.85x + 356.8$ berat benda pada sumbu x dan data ADC pada sumbu Y.

Untuk keperluan konversi data ADC (decimal) pada Labview diperlukan persamaan data dengan komposisi sumbu x adalah data ADC (decimal) dan sumbu y adalah berat benda (N). Persamaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Pengujian Sensor Gaya Berat terhadap Data ADC (Desimal)



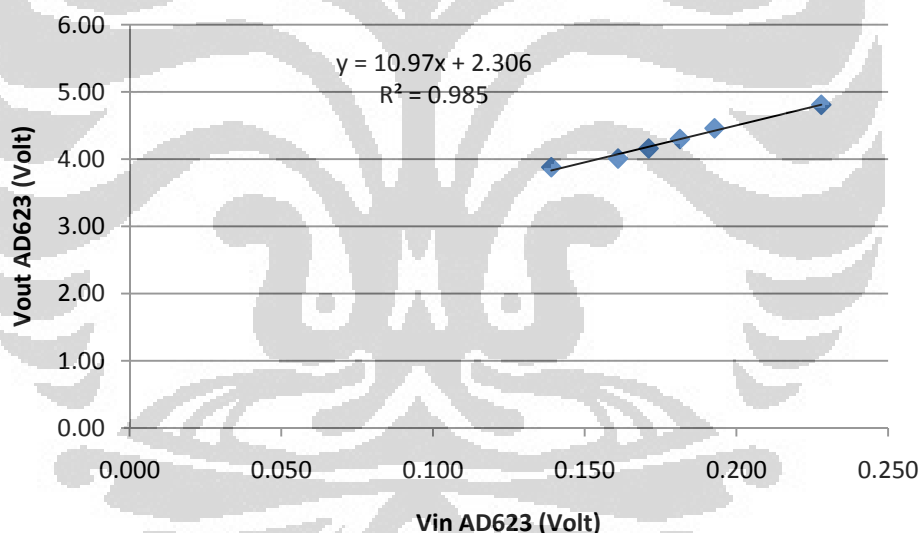
Gambar 4.2 Pengujian Sensor Gaya Data ADC (Desimal) terhadap Berat

4.2 Pengujian Penguatan AD623

Pengujian AD623, dilakukan dengan memberikan input berupa tegangan dan mengukur besarnya output. Akan diketahui *gain* yang terjadi melalui pengamatan pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Pengujian AD623

Vin AD623 (V)	Vout AD623 (V)
0.139	3.88
0.161	4.01
0.171	4.16
0.181	4.30
0.193	4.46
0.228	4.81



Gambar 4.3 Grafik Pengujian Penguatan AD623

Berdasarkan persamaan linier yang dihasilkan grafik, di temukan penguatan konstan sebesar 10.97 Volt. Dengan R_g sebesar $1K\Omega$, secara matematis penguatan yang dihasilkan sebesar 11 kali V_{in} . Dengan demikian terjadi pergeseran nilai sebesar 0.03 atau 0.27 % . maka penguat instrumentasi masih berfungsi dengan baik.

4.3 Pengujian Alat Ukur Gaya

Pengujian alat ukur gaya sentripetal akan dilakukan dengan memutar benda bermassa 0.1 kg (m) melalui pelat dengan 3 variasi jari – jari dan 2 variasi tegangan. Tegangan yang akan digunakan adalah 5V dan 7V. Variasi jari – jari r yang akan digunakan adalah 0.2 m, 0,17m dan 0,14 m. Harga F_s (gaya sentripetal; Newton) diambil datanya dengan membandingkan gaya sentripetal, F_s oleh sensor gaya dan gaya sentripetal, F_s melalui hitungan.

Tabel 4.3 Pengujian Alat Ukur Gaya Sentripetal 1

Pada jari-jari, $r = 0.2$ m dan tegangan motor, $V = 5$ Volt

Massa (kg)	Radius (m)	ω (rad/s)	F_s perhitungan = $m\omega^2 r$ (N)	F_{sensor} (N)	Error (N)
0.1	0.2	6.66	0.89	0.81	0.08
0.1	0.2	6.53	0.85	0.73	0.12
0.1	0.2	6.53	0.85	0.67	0.18
0.1	0.2	6.41	0.82	0.61	0.21
0.1	0.2	6.53	0.85	0.64	0.21
0.1	0.2	6.53	0.85	0.65	0.20
0.1	0.2	6.66	0.89	0.81	0.08
0.1	0.2	6.53	0.85	0.79	0.06
0.1	0.2	6.53	0.85	0.62	0.23
0.1	0.2	6.53	0.85	0.61	0.24
			$\Sigma 8.55$	$\Sigma 6.95$	$\Sigma 1.60$

Rata-rata F_s perhitungan adalah

$$= \frac{\Sigma F_{\text{perhitungan}}}{10} = 0.86 \text{ N}$$

Deviasi rata-rata (MD) F_s perhitungan adalah

$$= \frac{\Sigma \text{error}}{10} = 0.16 \text{ N}$$

Kesalahan relatif rata-rata F_s perhitungan adalah

$$= \frac{MD}{\bar{F}_{\text{sperhitungan}}} \times 100\% = 18.76 \%$$

Rata-rata F_s Sensor adalah

$$= \frac{\Sigma F_{\text{sensor}}}{10} = 0.69 \text{ N}$$

Deviasi rata-rata (MD) F_s sensor adalah

$$= \frac{\Sigma error}{10} = 0.16 \text{ N}$$

Kesalahan relatif rata-rata F_s sensor adalah

$$= \frac{MD}{\bar{F}_{sensor}} \times 100\% = 23.10 \%$$

Kesalahan relatif F_s perhitungan terhadap F_{sensor} adalah

$$= \frac{|\bar{F}_{sperhitungan} - \bar{F}_{sensor}|}{\bar{F}_{sensor}} \times 100\% = 23.10\%$$

Tabel 4.4 Pengujian Alat Ukur Gaya Sentripetal 2

Pada jari-jari, $r = 0.2 \text{ m}$ dan tegangan motor, $V = 7 \text{ Volt}$

Massa (kg)	Radius (m)	ω (rad/s)	F_s perhitungan = $m\omega^2 r$ (N)	F_{sensor} (N)	Error (N)
0.1	0.2	11.3	2.55	2.40	0.15
0.1	0.2	11.43	2.61	2.40	0.21
0.1	0.2	11.43	2.61	2.42	0.19
0.1	0.2	11.3	2.55	2.41	0.14
0.1	0.2	11.18	2.50	2.42	0.08
0.1	0.2	11.3	2.55	2.38	0.17
0.1	0.2	11.3	2.55	2.34	0.21
0.1	0.2	11.18	2.50	2.36	0.14
0.1	0.2	11.18	2.50	2.37	0.13
0.1	0.2	11.3	2.55	2.43	0.12
			$\Sigma 25.47$	$\Sigma 23.93$	$\Sigma 1.54$

Rata-rata F_s perhitungan adalah

$$= \frac{\Sigma F_{perhitungan}}{10} = 2.55 \text{ N}$$

Deviasi rata-rata (MD) F_s perhitungan adalah

$$= \frac{\Sigma error}{10} = 0.15 \text{ N}$$

Kesalahan relatif rata-rata F_s perhitungan adalah

$$= \frac{MD}{\bar{F}_{sperhitungan}} \times 100\% = 6.06 \%$$

Rata-rata F_s Sensor adalah

$$= \frac{\Sigma F_{sensor}}{10} = 2.39 \text{ N}$$

Deviasi rata-rata (MD) Fs sensor adalah

$$= \frac{\Sigma error}{10} = 0.15 \text{ N}$$

Kesalahan relatif rata-rata Fs sensor adalah

$$= \frac{MD}{\bar{F} \text{ sensor}} \times 100\% = 6.45 \%$$

Kesalahan relatif Fs perhitungan terhadap Fs sensor adalah

$$= \frac{|\bar{F} \text{ s perhitungan} - \bar{F} \text{ sensor}|}{\bar{F} \text{ sensor}} \times 100\% = 6.45\%$$

Tabel 4.5 Pengujian Alat Ukur Gaya Sentripetal 3

Pada jari-jari, $r = 0.17 \text{ m}$ dan tegangan motor, $V = 5 \text{ Volt}$

Massa (kg)	Radius (m)	ω (rad/s)	Fs perhitungan = $m\omega^2 r$ (N)	Fsensor (N)	Error (N)
0.1	0.17	6.41	0.70	0.61	0.09
0.1	0.17	6.41	0.70	0.73	0.03
0.1	0.17	6.41	0.70	0.56	0.13
0.1	0.17	6.41	0.70	0.51	0.19
0.1	0.17	6.41	0.70	0.65	0.04
0.1	0.17	6.41	0.70	0.53	0.17
0.1	0.17	6.41	0.70	0.65	0.05
0.1	0.17	6.41	0.70	0.59	0.11
0.1	0.17	6.41	0.70	0.65	0.05
0.1	0.17	6.53	0.72	0.66	0.07
			$\Sigma 7.01$	$\Sigma 6.14$	$\Sigma 0.93$

Rata-rata Fs perhitungan adalah

$$= \frac{\Sigma F \text{ perhitungan}}{10} = 0.70 \text{ N}$$

Deviasi rata-rata (MD) Fs perhitungan adalah

$$= \frac{\Sigma error}{10} = 0.09 \text{ N}$$

Kesalahan relatif rata-rata Fs perhitungan adalah

$$= \frac{MD}{\bar{F} \text{ s perhitungan}} \times 100\% = 13.28 \%$$

Rata-rata Fs Sensor adalah

$$= \frac{\Sigma F \text{ sensor}}{10} = 0.61 \text{ N}$$

Deviasi rata-rata (MD) F_s sensor adalah

$$= \frac{\Sigma error}{10} = 0.09 \text{ N}$$

Kesalahan relatif rata-rata F_s sensor adalah

$$= \frac{MD}{F_{sensor}} \times 100\% = 15.15 \%$$

Kesalahan relatif F_s perhitungan terhadap F_{sensor} adalah

$$= \frac{|\bar{F}_{sperhitungan} - \bar{F}_{sensor}|}{\bar{F}_{sensor}} \times 100\% = 14.11\%$$

Tabel 4.6 Pengujian Alat Ukur Gaya Sentripetal 4

Pada jari-jari, $r = 0.17 \text{ m}$ dan tegangan motor, $V = 7 \text{ Volt}$

Massa (kg)	Radius (m)	ω (rad/s)	F_s perhitungan = $m\omega^2 r$ (N)	F_{sensor} (N)	Error (N)
0.1	0.17	12.56	2.68	2.68	0.00
0.1	0.17	12.43	2.63	2.67	0.04
0.1	0.17	12.56	2.68	2.62	0.06
0.1	0.17	12.56	2.68	2.66	0.02
0.1	0.17	12.56	2.68	2.62	0.06
0.1	0.17	12.43	2.63	2.66	0.03
0.1	0.17	12.56	2.68	2.63	0.05
0.1	0.17	12.43	2.63	2.62	0.01
0.1	0.17	12.43	2.63	2.64	0.01
0.1	0.17	12.56	2.68	2.69	0.01
			$\Sigma 26.60$	$\Sigma 26.50$	$\Sigma 0.29$

Rata-rata F_s perhitungan adalah

$$= \frac{\Sigma F_{perhitungan}}{10} = 2.66 \text{ N}$$

Deviasi rata-rata (MD) F_s perhitungan adalah

$$= \frac{\Sigma error}{10} = 0.03 \text{ N}$$

Kesalahan relatif rata-rata F_s perhitungan adalah

$$= \frac{MD}{F_{sperhitungan}} \times 100\% = 1.10 \%$$

Rata-rata F_s Sensor adalah

$$= \frac{\Sigma F_{sensor}}{10} = 2.65 \text{ N}$$

Deviasi rata-rata (MD) Fs sensor adalah

$$= \frac{\Sigma error}{10} = 0.03 \text{ N}$$

Kesalahan relatif rata-rata Fs sensor adalah

$$= \frac{MD}{\bar{F} \text{ sensor}} \times 100\% = 1.10 \%$$

Kesalahan relatif Fs perhitungan terhadap Fs sensor adalah

$$= \frac{|\bar{F} \text{ perhitungan} - \bar{F} \text{ sensor}|}{\bar{F} \text{ sensor}} \times 100\% = 0.39\%$$

Tabel 4.6 Pengujian Alat Ukur Gaya Sentripetal 5

Pada jari-jari, $r = 0.14 \text{ m}$ dan tegangan motor, $V = 5 \text{ Volt}$

Massa (kg)	Radius (m)	ω (rad/s)	Fs perhitungan = $m\omega^2 r$ (N)	Fsensor (N)	Error (N)
0.1	0.14	6.78	0.64	0.55	0.09
0.1	0.14	6.78	0.64	0.67	0.03
0.1	0.14	6.78	0.64	0.50	0.14
0.1	0.14	6.78	0.64	0.45	0.19
0.1	0.14	6.78	0.64	0.59	0.05
0.1	0.14	6.78	0.64	0.47	0.17
0.1	0.14	6.78	0.64	0.59	0.05
0.1	0.14	6.91	0.67	0.53	0.14
0.1	0.14	6.91	0.67	0.59	0.08
0.1	0.14	6.91	0.67	0.60	0.07
			$\Sigma 6.49$	$\Sigma 5.54$	$\Sigma 1.01$

Rata-rata Fs perhitungan adalah

$$= \frac{\Sigma F \text{ perhitungan}}{10} = 0.65 \text{ N}$$

Deviasi rata-rata (MD) Fs perhitungan adalah

$$= \frac{\Sigma error}{10} = 0.10 \text{ N}$$

Kesalahan relatif rata-rata Fs perhitungan adalah

$$= \frac{MD}{\bar{F} \text{ perhitungan}} \times 100\% = 15.50 \%$$

Rata-rata Fs Sensor adalah

$$= \frac{\Sigma F \text{ sensor}}{10} = 0.55 \text{ N}$$

Deviasi rata-rata (MD) F_s sensor adalah

$$= \frac{\Sigma error}{10} = 0.10 \text{ N}$$

Kesalahan relatif rata-rata F_s sensor adalah

$$= \frac{MD}{F_{sensor}} \times 100\% = 18.15 \%$$

Kesalahan relatif F_s perhitungan terhadap F_{sensor} adalah

$$= \frac{|\bar{F}_{sperhitungan} - \bar{F}_{sensor}|}{\bar{F}_{sensor}} \times 100\% = 17.10\%$$

Tabel 4.7 Pengujian Alat Ukur Gaya Sentripetal 6

Pada jari-jari, $r = 0.14 \text{ m}$ dan tegangan motor, $V = 7 \text{ Volt}$

Massa (kg)	Radius (m)	ω (rad/s)	F_s perhitungan = $m\omega^2 r$ (N)	F_{sensor} (N)	Error (N)
0.1	0.14	13.32	2.48	2.33	0.15
0.1	0.14	13.32	2.48	2.46	0.02
0.1	0.14	13.32	2.48	2.38	0.10
0.1	0.14	13.44	2.53	2.44	0.08
0.1	0.14	13.32	2.48	2.49	0.00
0.1	0.14	13.44	2.53	2.41	0.12
0.1	0.14	13.44	2.53	2.55	0.02
0.1	0.14	13.44	2.53	2.47	0.06
0.1	0.14	13.44	2.53	2.54	0.01
0.1	0.14	13.32	2.48	2.52	0.04
			$\Sigma 25.06$	$\Sigma 24.59$	$\Sigma 0.60$

Rata-rata F_s perhitungan adalah

$$= \frac{\Sigma F_{perhitungan}}{10} = 2.51 \text{ N}$$

Deviasi rata-rata (MD) F_s perhitungan adalah

$$= \frac{\Sigma error}{10} = 0.06 \text{ N}$$

Kesalahan relatif rata-rata F_s perhitungan adalah

$$= \frac{MD}{F_{sperhitungan}} \times 100\% = 2.41 \%$$

Rata-rata F_s Sensor adalah

$$= \frac{\Sigma F_{sensor}}{10} = 2.46 \text{ N}$$

Deviasi rata-rata (MD) Fs sensor adalah

$$= \frac{\Sigma error}{10} = 0.06 \text{ N}$$

Kesalahan relatif rata-rata Fs sensor adalah

$$= \frac{MD}{\bar{F} \text{ sensor}} \times 100\% = 2.46 \%$$

Kesalahan relatif Fs perhitungan terhadap Fsensor adalah

$$= \frac{|\bar{F} \text{ perhitungan} - \bar{F} \text{ sensor}|}{\bar{F} \text{ sensor}} \times 100\% = 1.92\%$$

Dari data pengukuran diatas diketahui kesalahan relatif Fs perhitungan terhadap sensor gaya terbesar secara berurutan adalah 23.10 % , 17.10 % , dan 14.11 % . Kesalahan relatif ini terjadi pada saat tegangan motor di set sebesar 5 volt. Sedangkan pada saat motor di *supply* tegangan 7 volt kesalahan relatif adalah 6.45%, 1.92%, dan 0.39%. Penulis menganalisa error yang terjadi dikarenakan adanya gangguan pada sistem pengukuran sehingga pengukuran terjadi error.

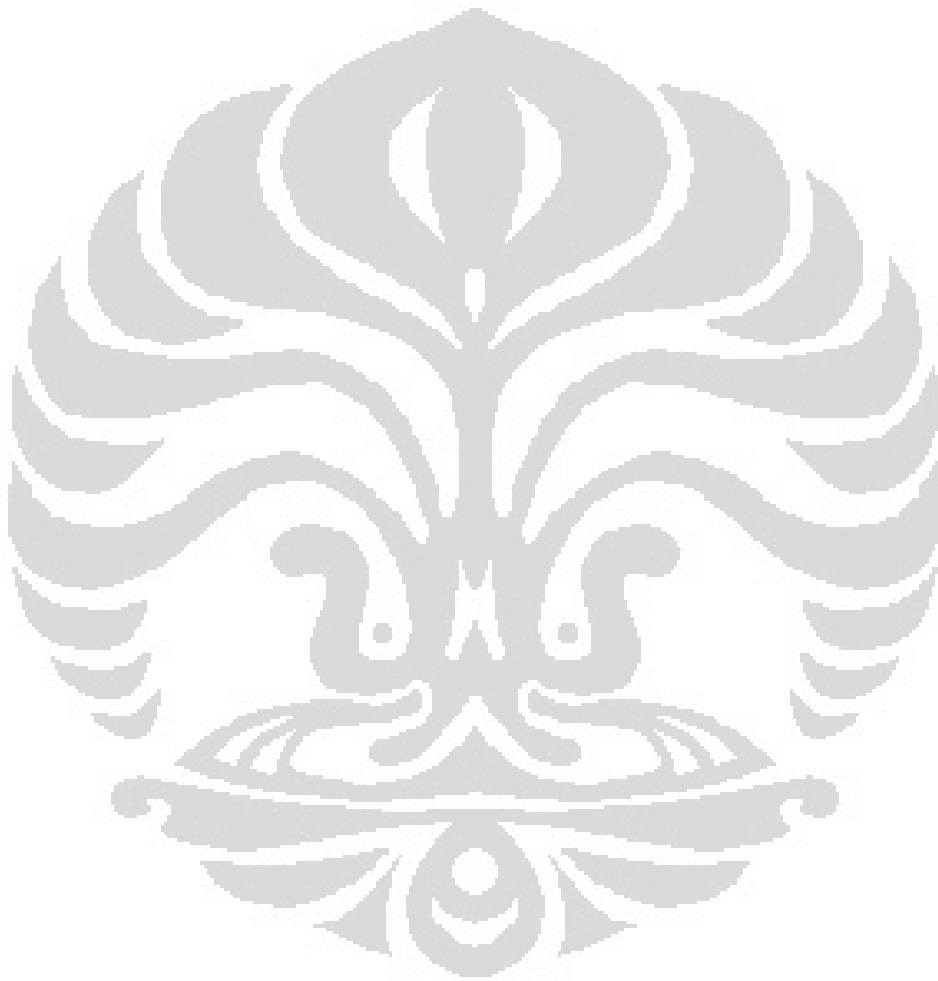
Pada aplikasinya saat pengukuran dilakukan gaya gesekan benda dengan papan lintasan terjadi pada saat motor diset dengan tegangan 5 volt maupun diset 7 volt. Dari masing-masing data pengukuran dalam tabel diperoleh harga Fs perhitungan rata-rata dan F sensor rata-rata. Nilai Fsensor selalu mempunyai nilai tidak lebih dari Fs perhitungan. Hal ini membuktikan gaya gesekan benda terhadap lintasan μs menjadi salah satu penyebab error pengukuran.

Faktor lain yang mempengaruhi pengukuran gaya sentripetal pada sensor adalah kecepatan putar motor. Saat motor dialiri tegangan 5 volt kecepatan putar benda berapa pada range 6.41 ~ 6.91 rad/detik dan saat motor dialiri tegangan 7 volt kecepatan putar benda pada range 11.18~13.44 rad/detik. Dari data tersebut dapat diketahui nilai kecepatan putar benda tidak konstan saat diset dengan tegangan 5 volt maupun 7 volt

Jika diamati data pada tiap tabel saat tegangan motor 5 volt (kecepatan putar 6.41 ~ 6.91 rad/detik) gaya sentripetal sensor yang terjadi adalah 0.55 ~0.69 N sedangkan saat motor mendapat tegangan 7 volt (kecepatan putar 11.18~13.44 rad/detik) gaya sentripetal sensor yang terjadi adalah dari 2.39~2.65 N. Kecepatan

putar ω sebanding lurus dengan gaya sentripetal sesuai dengan persamaan gaya sentripetal $F_s = m\omega^2 r$.

Pada percobaan pengujian variasi jari – jari untuk variasi $r = 0.14$ dan 0.17 m gaya sentripetal naik seiring naiknya nilai r .



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dirancang sebuah mekanika alat ukur gaya sentripetal dengan piranti elektronika *microcontroller* dan visualisasi Labview 8.5 dengan mengukur dan membandingkan gaya pada sensor dan gaya sentripetal secara perhitungan.
2. Saat kecepatan putar benda ω berputar semakin cepat maka gaya sentripetal F_s pada benda tersebut juga akan naik juga seiring dengan kenaikan ω .
3. Nilai jari – jari r semakin besar maka gaya sentripetal F_s juga akan naik seiring pertambahan nilai dari jari – jari pada kecepatan putar ω yang sama.
4. Alat ukur gaya sentripetal telah diuji sebanyak enam kali dan memiliki kesalahan relatif adalah 23.10%, 6.45%, 14.11%, 0.39%, 17.10%, 1.92% gaya pada sensor terhadap gaya sentripetal

5.2 Saran

Pada pengembangan lebih lanjut sangat disarankan untuk memperhatikan kestabilan motor dalam memutar benda untuk mengurangi prosentase error yang terjadi. Selain itu perlu dipertimbangkan gaya gesekan benda terhadap papan agar hasil dari penghitungan lebih akurat.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Pengertian Gaya Hukum – Hukum Newton Tentang Gerak
<http://www.budisma.web.id/sma/fisika/hukum-newton-tentang-gerak/>
- [2] Goris Seran Daton, Stephanus Legiyo, C. Cosma Elsih Lestari dan Yohanes Bambang Suparmono. Fisika-Gaya Sentripetal. Grasindo
- [3] <http://satriaskyterror.wordpress.com/author/satriaskyterror/>. Jembatan Wheatstone
- [4] Purnomojati, Budi. 2009. Rancang Bangun Alat Pengintai Berbasis Kamera JPEG dan Mikrokontroler AVR. Departemen Fisika FMIPA UI.
- [5] Atmel Corporation. 2008. Datasheet ATmega128(L). Diunduh dari <http://www.atmel.com/dyn/resources/proddocuments/doc2467.pdf>.
- [6] Datasheet Sensor Gaya Fss-SMT Honeywell