

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa langkah untuk mencapai tujuan penelitian. Langkah awal yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu menentukan prinsip kerja untuk mengukur kecepatan rotasi benda, kemudian dirancang perangkat keras dan perangkat lunak sistem alat ukur tersebut dan pengukuran rangkaian serta pengujian alat pendeteksi frekuensi putaran katrol.

3.2. Sistem Sensor dan Cara Kerjanya

Pada penelitian ini system sensor dan piringan sensor diterapkan pada sisi luar katrol untuk mengukur kecepatan rotasi pada pesawat atwood. Piringan sensor yang digunakan terbuat dari kertas yang luasnya sama dengan luas katrol yang diberi warna hitam dan putih yang terdiri dari 10 garis. Sensor ini dapat dibuat dari pasangan *InfraRed Emitting Diode* (IRED), dan *phototransistor*. IRED merupakan LED yang memancarkan inframerah, sedangkan *phototransistor* merupakan transistor sambungan NPN yang arus basisnya (I_B) berasal dari radiasi cahaya.

Jika pancaran IRED pada garis putih maka akan terjadi pantulan radiasi dan diterima oleh basis *phototransistor*, *phototransistor* menjadi saturasi (*off*) sehingga tegangan keluaran mendekati 0 volt, yang didefinisikan sebagai logika '0' atau '*low*'. Sebaliknya jika tidak terjadi pantulan, artinya pancaran inframerah dari IRED diserap oleh garis hitam, maka *phototransistor* menjadi *cut-off* dimana tegangan keluaran sama dengan Vcc (5 volt). Kondisi ini didefinisikan sebagai logika '1' atau '*high*'.

Kemudian saat katrol berputar, mikrokontroler akan menghitung waktu saat input berlogika 0 dan saat input berlogika 1 misal untuk garis hitam pertama (data ke-1). Untuk garis hitam kedua (data ke-2), mikrokontroler akan menjumlahkan waktu (saat input berlogika 0 dan 1) saat garis pertama dan waktu (saat input berlogika 0 dan 1) saat garis kedua. Untuk garis ketiga (data ke-3), mikrokontroler akan menjumlahkan waktu (saat input berlogika 0 dan 1) saat garis pertama, waktu (saat input berlogika 0 dan 1) saat garis kedua, dan waktu (saat input berlogika 0 dan 1) saat garis ketiga. Dan begitu seterusnya hingga piringan sensor berhenti berputar (data ke-n). Dengan diperoleh variabel waktu yang terukur saat sensor menerima radiasi dan saat sensor tidak menerima radiasi, maka nilai kecepatan rotasi benda dapat dihitung menggunakan persamaan

$$\text{berikut: } \omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} \dots\dots\dots(3.1)$$

Karena satu putaran katrol sebanding dengan kedipan IRED maka nilai Periodanya dapat ditulis sebagai berikut :

$$T = \frac{10}{U} \cdot t \dots\dots\dots(3.2)$$

Maka nilai percepatan rotasi katrol dapat dihitung menggunakan persamaan

$$\alpha_r = \frac{\omega_n - \omega_0}{T} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

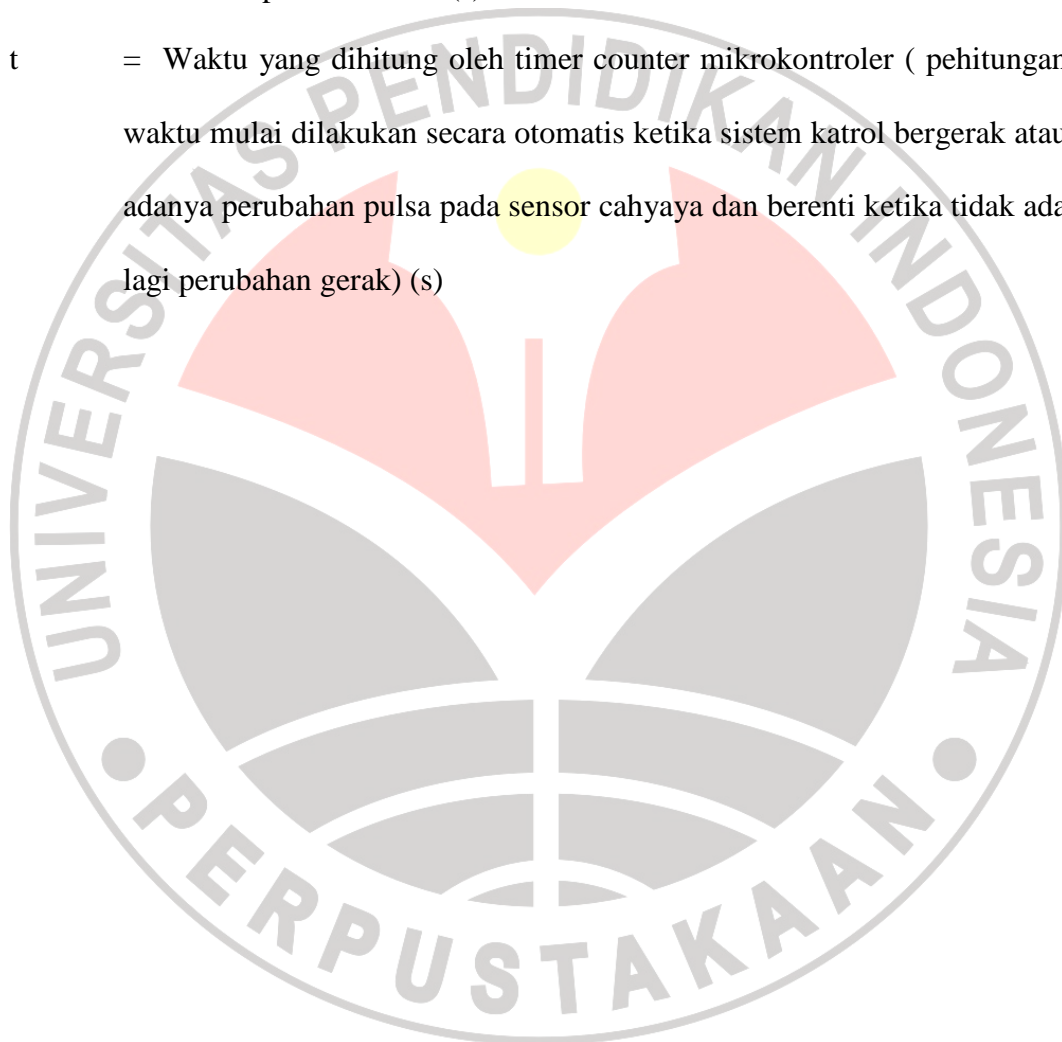
ω_o = Kecepatan sudut awal untuk penelitian ini = 0 (rad/s)

ω_n = Kecepatan sudut akhir saat tepat satu putaran (rad/s)

U = Jumlah kedipan IRED yang terbaca oleh sensor.

T = Periode putaran katrol (s)

t = Waktu yang dihitung oleh timer counter mikrokontroler (perhitungan waktu mulai dilakukan secara otomatis ketika sistem katrol bergerak atau adanya perubahan pulsa pada sensor cahyaya dan berhenti ketika tidak ada lagi perubahan gerak) (s)



Sistem tersebut dapat ditunjukkan oleh diagram alir pada bagan 3.1 berikut:

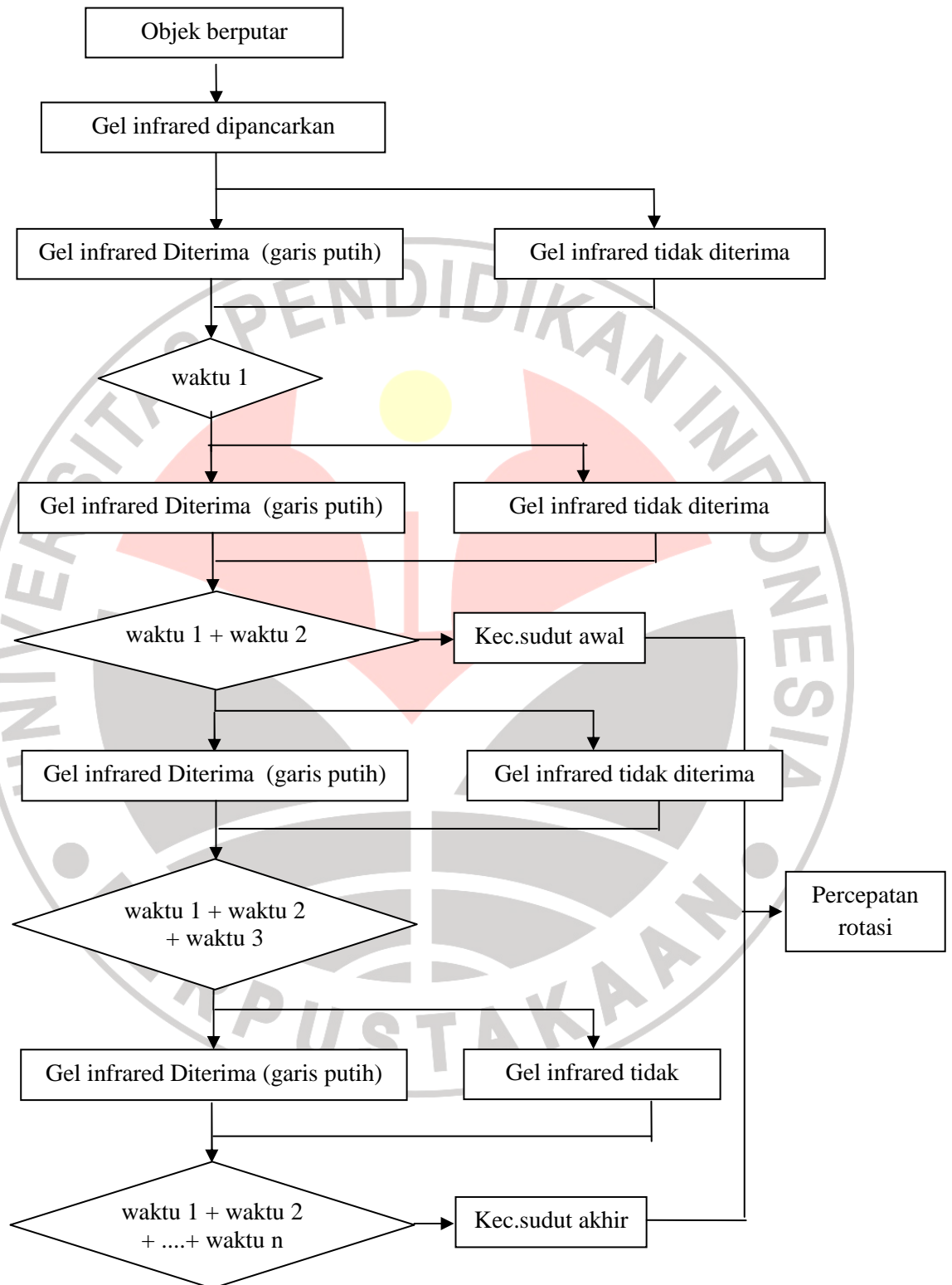


Diagram 3.1
Sistem Alat Ukur Kecepatan Rotasi

3.2. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PERANGKAT KERAS

Secara garis besar perangkat keras yang akan dibuat terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut. Sistem sensor yang terdiri dari transmitter (IRED) yang memancarkan gelombang infrared dan receiver (phototransistor) yang mendeteksi gelombang infrared. Mikrokontroler ATmega8535 sebagai pengendali sistem ini, dibangkitkan menggunakan kristal 11.0592 MHz.

Mikrokontroler ATmega8535 menerima input digital dari system sensor dan menghitung waktu selama mendapat input tersebut serta menampilkan data pada *Personal Computer (PC)*. Mikrokontroler dan PC ini dihubungkan menggunakan RS232. Data yang diperoleh dari mikrokontroler diolah dan ditampilkan menggunakan Visual Basic sehingga diperoleh nilai kecepatan sudut, percepatan sudut, percepatan translasi dan momen inersia katrol pesawat atwood. Komponen yang tidak kalah penting yaitu LM7805 yang berfungsi sebagai regulator.

Black Housing 2x5, yang digunakan sebagai penghubung ISP (*In System Programmer*), yang akan mengirimkan bahasa pemrograman dari komputer ke chip mikrokontroler.

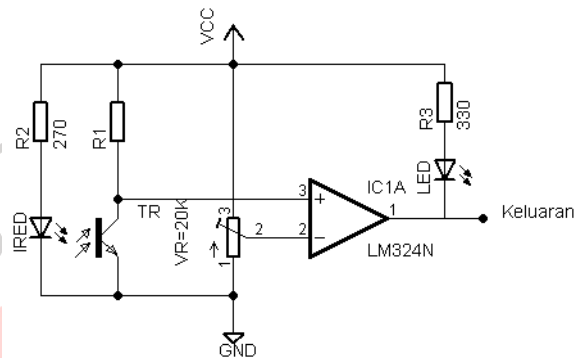
3.2. 1. Optocoupler Interrupt Device(OID)

3.2.1.1 Rangkaian Sensor

Sensor yang ideal adalah sensor yang memiliki nilai resistansinya mendekati nol ketika ada pancaran inframerah. Sebaliknya, resistansi sensor akan

sangat besar sekali ketika tidak ada pancaran inframerah yang masuk ke sensor (*phototransistor*).

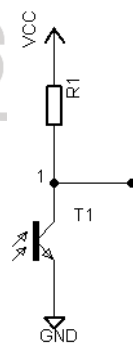
Skematik rangkaian sensor ini bisa dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.2. Skematik rangkaian sensor IR

3.2.1.2 Karakterisasi Sensor

Perbedaan tegangan ketika *phototransistor* disinari dan ketika tidak disinari disebut dengan *voltage swing*. Untuk menghasilkan *voltage swing* (v_s) yang baik, maka pemilihan nilai resistansi R_1 harus benar-benar diperhatikan. Pemilihan nilai R_1 bisa ditentukan dari prinsip pembagian tegangan dibawah ini :



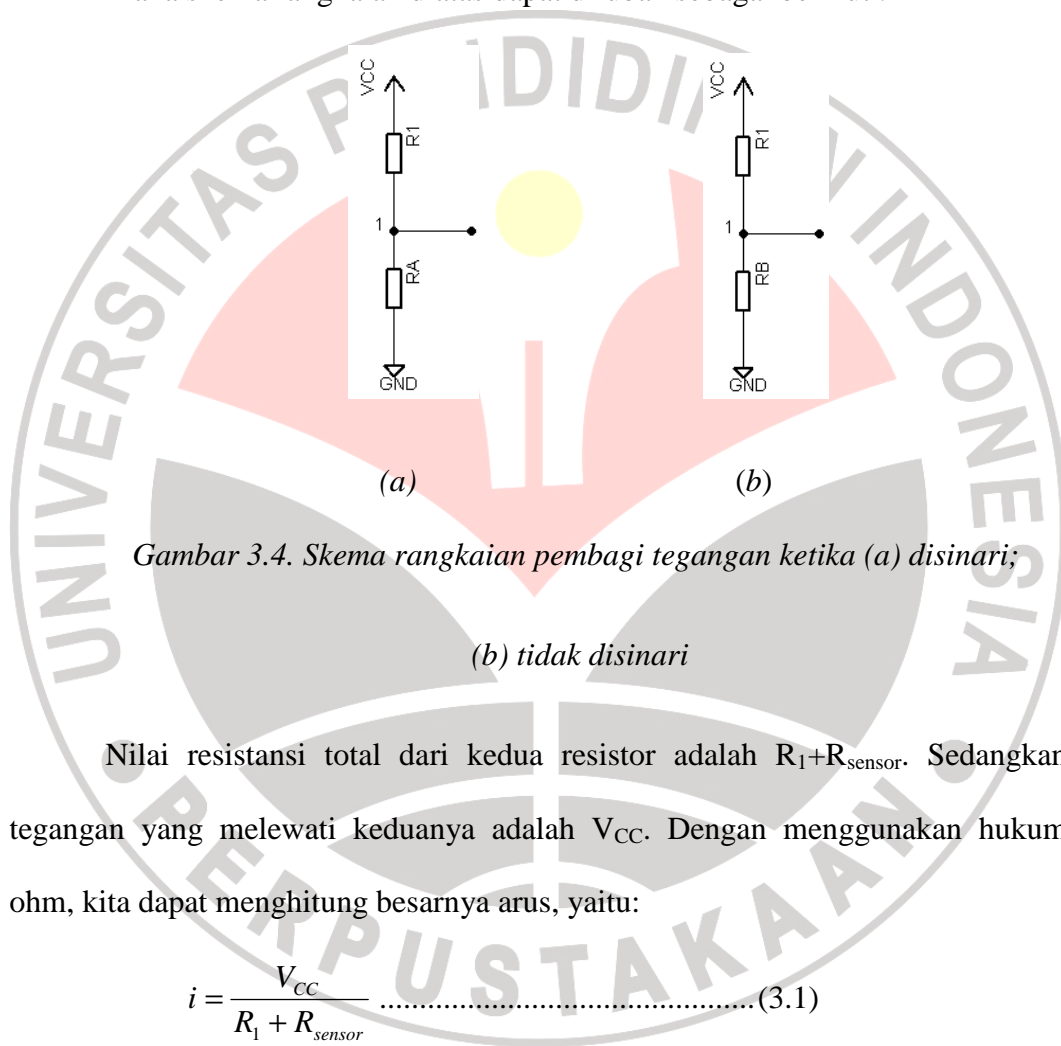
Gambar 3.3. Skema rangkaian pembagian tegangan

Kita asumsikan bahwa,

$R_{\text{sensor}} = R_A$; ketika *phototransistor* tidak disinari oleh inframerah.

$R_{\text{sensor}} = R_B$; jika *phototransistor* disinari oleh inframerah.

Maka skema rangkaian diatas dapat dirubah sebagai berikut :



Gambar 3.4. Skema rangkaian pembagi tegangan ketika (a) disinari;
(b) tidak disinari

Nilai resistansi total dari kedua resistor adalah $R_1 + R_{\text{sensor}}$. Sedangkan tegangan yang melewati keduanya adalah V_{CC} . Dengan menggunakan hukum ohm, kita dapat menghitung besarnya arus, yaitu:

$$i = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_{\text{sensor}}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Ketika tidak disinari oleh inframerah, $R_{\text{sensor}} = R_A$, maka :

$$i = \frac{V_{CC}}{R_A + R_1} \dots\dots\dots(3.2)$$

Tegangan keluarannya adalah :

$$V_{out} = i \times R_A$$

$$V_{out} = V_{CC} \frac{R_A}{R_A + R_1} \dots\dots\dots(3.3)$$

Jika disinari, $R_{\text{sensor}} = R_B$, maka :

$$i = \frac{V_{CC}}{R_B + R_1} \dots\dots\dots(3.4)$$

Tegangan keluarannya adalah :

$$V_{out} = i \times R_B$$

$$V_{out} = V_{CC} \frac{R_B}{R_B + R_1} \dots\dots\dots(3.5)$$

Dari persamaan (3) dan (5), dapat ditentukan *voltage swing*, yaitu :

$$V_S = V_A - V_B$$

$$V_S = V_{CC} \left(\frac{R_A}{R_A + R_1} - \frac{R_B}{R_B + R_1} \right) \dots\dots\dots(3.6)$$

Relatif *voltage swing* adalah

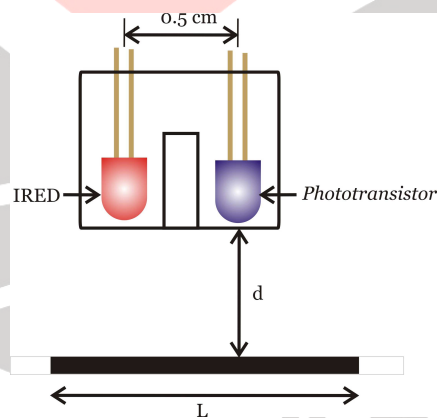
$$V_S(R) = \frac{V_S}{V_{CC}}$$

$$V_S(R) = \left(\frac{R_A}{R_A + R_1} - \frac{R_B}{R_B - R_1} \right) \dots\dots\dots (3.7)$$

Nilai R_A dan R_B dapat diketahui dengan melakukan pengukuran resistivitas *phototransistor* menggunakan *ohmmeter*. Dengan diketahuinya nilai R_A dan R_B maka dapat dibuat grafik *voltage Swing* (V_S) sebagai fungsi nilai resistansi R_1 . Kemudian dari grafik tersebut dengan mudah dapat menentukan nilai resistansi R_1 untuk menghasilkan *voltage swing* yang paling besar.

3.2.1.3 Pengamatan Jarak Sensor Terhadap Lintasan

Pengamatan ini dilakukan dengan mengubah variabel jarak sensor ke lintai (d) seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 3.5. Model percobaan untuk pengamatan karakteristik *phototransistor*

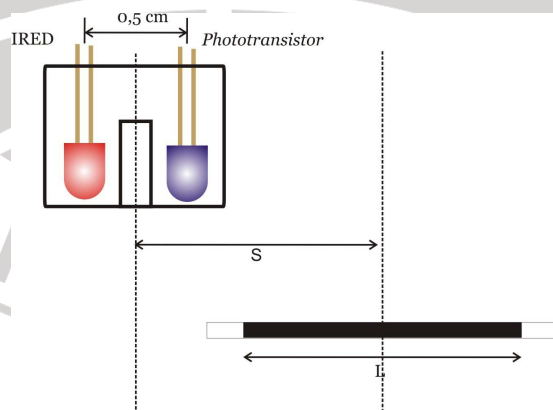
Pada saat dilakukan pengukuran IRED diberi arus panjar maju (I_d) sebesar 19,50 mA. Data hasil pengamatannya terlihat pada tabel berikut :

No.	Jarak sensor (d) - cm	Tegangan Keluaran <i>Phototransistor</i> (volt)	
		garis Putih	garis Hitam
1	1,0	0.15	2.50
2	1,5	0.14	2.76
3	2,0	0.18	4.29
4	2,5	0.35	4.28
5	3,0	0.40	4.32

Tabel 3.1. Data hasil pengukuran karakteristik phototransistor

3.2.1.4 Pengamatan Pengaruh Lebar Garis

Pengamatan pengaruh lebar garis terhadap tegangan keluaran sensor dilakukan dengan merubah variabel lebar lintasan dan jarak sensor ke lintasan (s), seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 3.6. Model percobaan pengamatan pengaruh lebar garis lintasan

Pada saat dilakukan pengukuran IRED diberi arus panjar maju sebesar 19,58 mA dengan jarak sensor ke lintasan adalah 2,0 cm karena berdasarkan hasil pengukuran diatas menunjukkan jarak yang paling bagus adalah 2,0 cm.

No.	Tegangan Keluaran <i>Phototransistor</i> (volt)		
	Lebar Garis 1,5 cm	Lebar garis 2,0 cm	Lebar garis 2,5
1	0.15	0.17	0.18
2	1.59	2.06	2.15
3	2.66	3.29	3.34
4	3.85	4.26	4.46
5	3.52	3.75	4.12

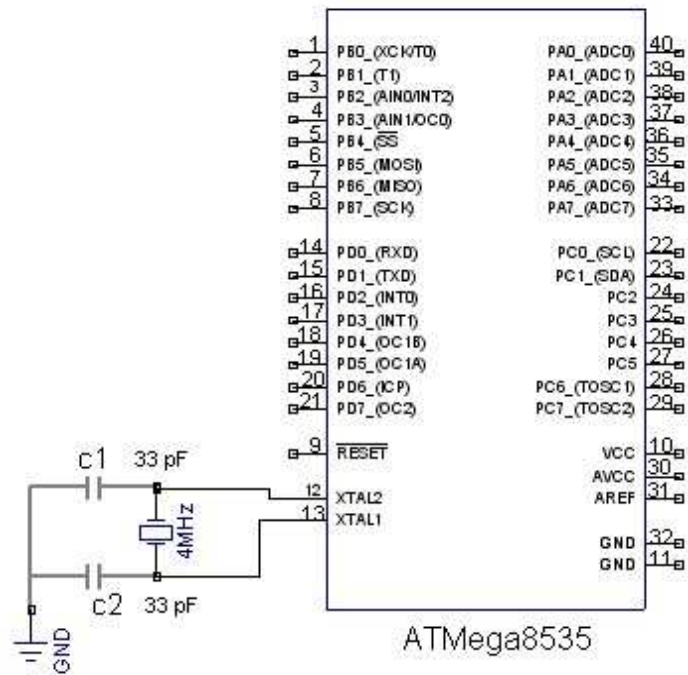
Tabel 3.2. Data hasil pengukuran pengaruh jarak sensor terhadap Lebar garis

Untuk pengaruh lebar garis hitam atau putih terhadap tegangan keluaran sensor diketahui bahwa kalau lebar garis semakin kecil, maka keluaran sensor semakin rendah. Lebar garis optimum pada lebar garis 2 cm karena lebar garis pada piringan untuk piringan yang mempunyai 10 garis hitam putih maksimum 2 cm.

3.2.2 Rangkaian Pengendali Menggunakan Mikrokontroler ATmega8535

Pengendali sistem sensor yang digunakan adalah sebuah mikrokontroler ATmega8535. Mikrokontroler ini bekerja dengan bantuan kristal 11.0592 MHz dan dua buah kapasitor dengan kapasitansi 33pF. Kapasitor ini berfungsi sebagai

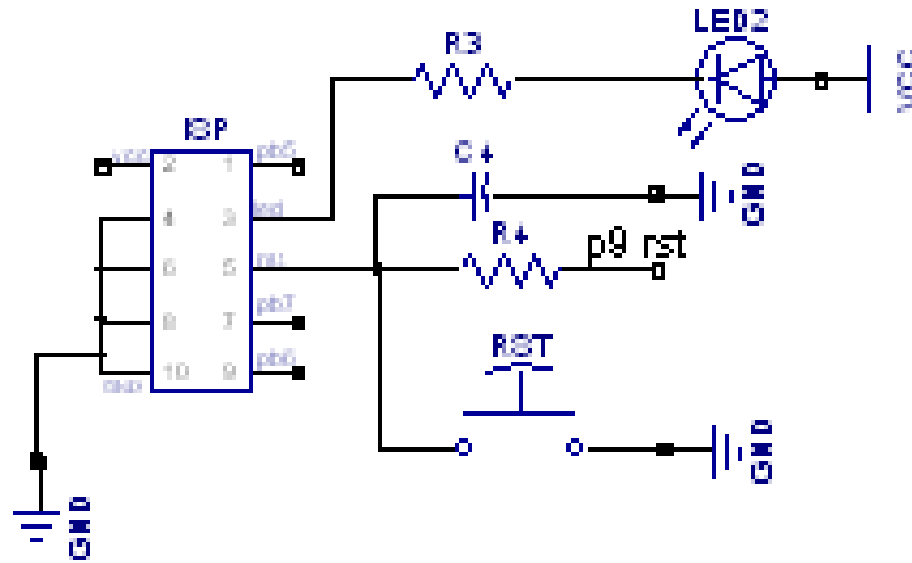
penstabil gelombang. Adapun rangkaian miniatur mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.7
Rangkaian mikrokontroler ATmega8535

3.2.3 Rangkaian Antar muka ISP (In System Program)

Mikrokontroler dapat bekerja sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai yaitu dengan memberikan program tertentu pada chipnya. Program yang dibuat pada *compiler* harus dimasukkan kedalam chip tersebut dengan cara mendownload dari komputer ke chip. Agar program yang dibuat di komputer dapat dipindahkan ke chip dibutuhkan sambungan yang dinamakan *Downloader*. Pada penelitian ini downloader yang digunakan yaitu *Downloader ISP (In System Program)*. Divais ini dihubungkan ke *Black housing 2x5* yang terangkai pada sistem alat ukur. Adapun rangkaian antar muka ISP ditunjukkan pada gambar 3.3 berikut.



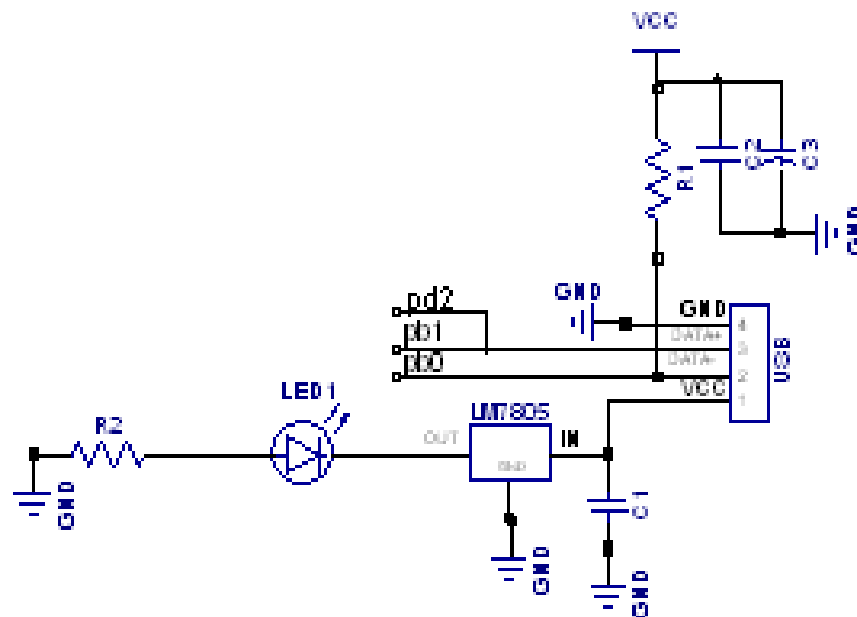
Gambar 3.8
Rangkaian Sambungan Pemrograman

Rangkaian antar muka ISP dihubungkan dengan mikrokontroler pada port B.5 (pb5), port B.6 (pb6), dan port B.7 (pb7).

3.2.4 Rangkaian Sumber Tegangan

Sumber tegangan pada sistem alat ukur kecepatan rotasi ini berasal dari rangkaian USB. Rangkaian USB ini menghasilkan tegangan 5 volt DC. Dan LM 7805 digunakan sebagai penstabil tegangan.

Adapun rangkaian USB tersebut ditunjukkan pada gambar 3.4 berikut.



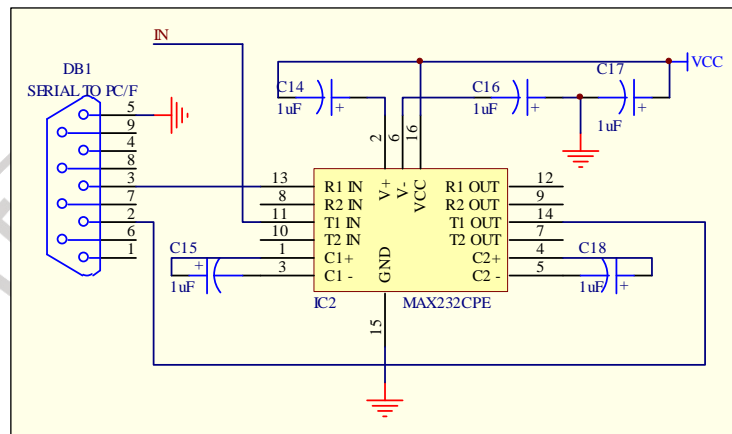
Gambar 3.9
Skematik Rangkaian USB

Jika LM 7805 terlalu lama dalam keadaan on atau terus bekerja maka hal itu akan membuat komponen LM7805 menjadi panas dan mengakibatkan mudah rusak, oleh karena itu komponen regulator diberi tambahan komponen pendingin yang dipasang pada LM7805 untuk mencegah agar komponen tersebut tidak cepat rusak meskipun sering dipakai.

3.2.5 Rangkaian Pengubah Tegangan RS232

Rangkaian ini berfungsi untuk mengubah level keluaran tegangan yang keluar dari komputer yaitu level RS232 menjadi level tegangan TTL. Dimana tegangan pada level RS232 menjadi level logika "1" didefinisikan -3 volt sampai -15 dan logika "0" didefinisikan +3 volt sampai +15 volt. Pada level TTL yang didefinisikan untuk kondisi "0" tegangannya 0 volt sampai 0,4 volt dan untuk kondisi "1", tegangannya 2,4 volt sampai 5 volt.

Dalam perancangan ini untuk mengubah level tegangan tersebut digunakan IC MAX232 dengan 5 buah kapasitor sebesar 1 μ F, dengan tegangan catunya sebesar 5 volt. Dengan perangkat tersebut diharapkan dapat digunakan untuk mengirimkan data/karakter dari komputer ke mikrokontroller dengan sempurna.



Gambar 3.10 Skema Interface Serial menggunakan IC MAX 232

3.3 PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PERANGKAT LUNAK

Pada penelitian ini perancangan perangkat lunak terbagi menjadi dua, yaitu perangkat lunak untuk mikrokontroler dan perangkat lunak untuk Visual Basic.

3.3.1 Perangkat Lunak Untuk Mikrokontroler

Perangkat lunak yang dibuat memiliki spesifikasi sebagai berikut.

- a. Mampu merekam waktu saat input berlogika 0 dan input berlogika 1 secara bertambah terus.
- b. Mampu mengirim data-data waktu tersebut ke komputer.

- c. Secara keseluruhan software ini mampu menghasilkan dan menampilkan nilai pengukuran yang akurat.

Rangkaian yang telah dibuat, selanjutnya akan dibuatkan software sebagai penunjang dalam pemrosesan data pada mikrokontroler.

3.3.1.1 Algoritma Perangkat Lunak

Bagian utama dari program sistem ini yaitu perekaman waktu dan pengiriman data waktu melalui serial ke komputer. Untuk melakukan program tersebut, mikrokontroler harus mengaktifkan fasilitas-fasilitas mikrokontroler yang dibutuhkan. Untuk itu dibutuhkan inisialisasi yang mengaktifkan fasilitas-fasilitas tersebut.

Fasilitas-fasilitas mikrokontroler yang dibutuhkan adalah timer, inisialisasi USART, inisialisasi port D.6 untuk menerima input dari sistem sensor dan inisialisasi umum. Bagan 3.3 memperlihatkan algoritma program mikrokontroler. Setelah melakukan inisialisasi, mikrokontroler menunggu input dari sistem sensor. Ketika mikrokontroler mendapat input dari sistem sensor, mikrokontroler akan menghitung waktu saat input berlogika 1 dan saat input berlogika 0. Kemudian ketika input berlogika 1, data waktu ditambahkan dengan data identitas (“!!!”) dan dikirim melalui serial untuk ditampilkan di komputer. Jika piringan sensor masih berputar, mikrokontroler akan terus mengirimkan data waktu tersebut ke komputer. Dan ketika piringan sensor berhenti (input di PIND.6 tidak sama dengan 1) mikrokontroler berhenti mengirimkan data ke komputer. Program terhubung dengan tombol reset. Jika ada perintah reset maka program akan

kembali ke alamat awal \$000 dan menunggu input dari sistem sensor dan kembali menghitung dari nol.

3.3.1.2 Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C dan compiler yang digunakan adalah *CodeVisionAVR* (Lampiran).

Dalam struktur penulisan bahasa C, terdiri atas empat blok, yaitu *Header*, deklarasi konstanta global dan atau variabel, fungsi dan atau prosedur serta program utama. Bahasa pemrograman yang lengkap terdapat pada Lampiran. Pemrograman bahasa C yang didasarkan pada algoritma untuk sistem alat ukur kecepatan ini dapat diuraikan sebagai berikut.

a. Bahasa pemrograman C blok *Header*

```
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
#define tombol1 PINB.2
#define tekan 0
#define data PIND.6
void pengukuran ();
// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 19200
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x18;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x23
```

b. Bahasa pemrograman C blok Deklarasi konstanta global dan atau variabel

```

unsigned char X;
unsigned int counter=0;
unsigned int periode,a,b;
char kode;
char buf[33];

```

```

void main(void)
{
// Declare your local variables here
.....

```

d. Bahasa pemrograman C blok utama

```

#include <stdio.h>
#include <delay.h>
void pengukuran ()
{
for (X=0; X<=36; X++)
{
counter=0;
if(data==1) {kode=1;}
if(data==0) {kode=2;}

switch (kode)
{
case 1:
counter++;
a=counter;
sprintf(buf,"counter=%d",a);

counter=0;
break;
case 2:
counter++;
b=counter;
sprintf(buf,"counter=%d",b);
break;
periode=(a+b)*10;
sprintf(buf,"periode=%3d s",periode);
printf("%3d",buf);
delay_ms(1000);
};
}

```

3.3.2 Perangkat Lunak Untuk Visual Basic

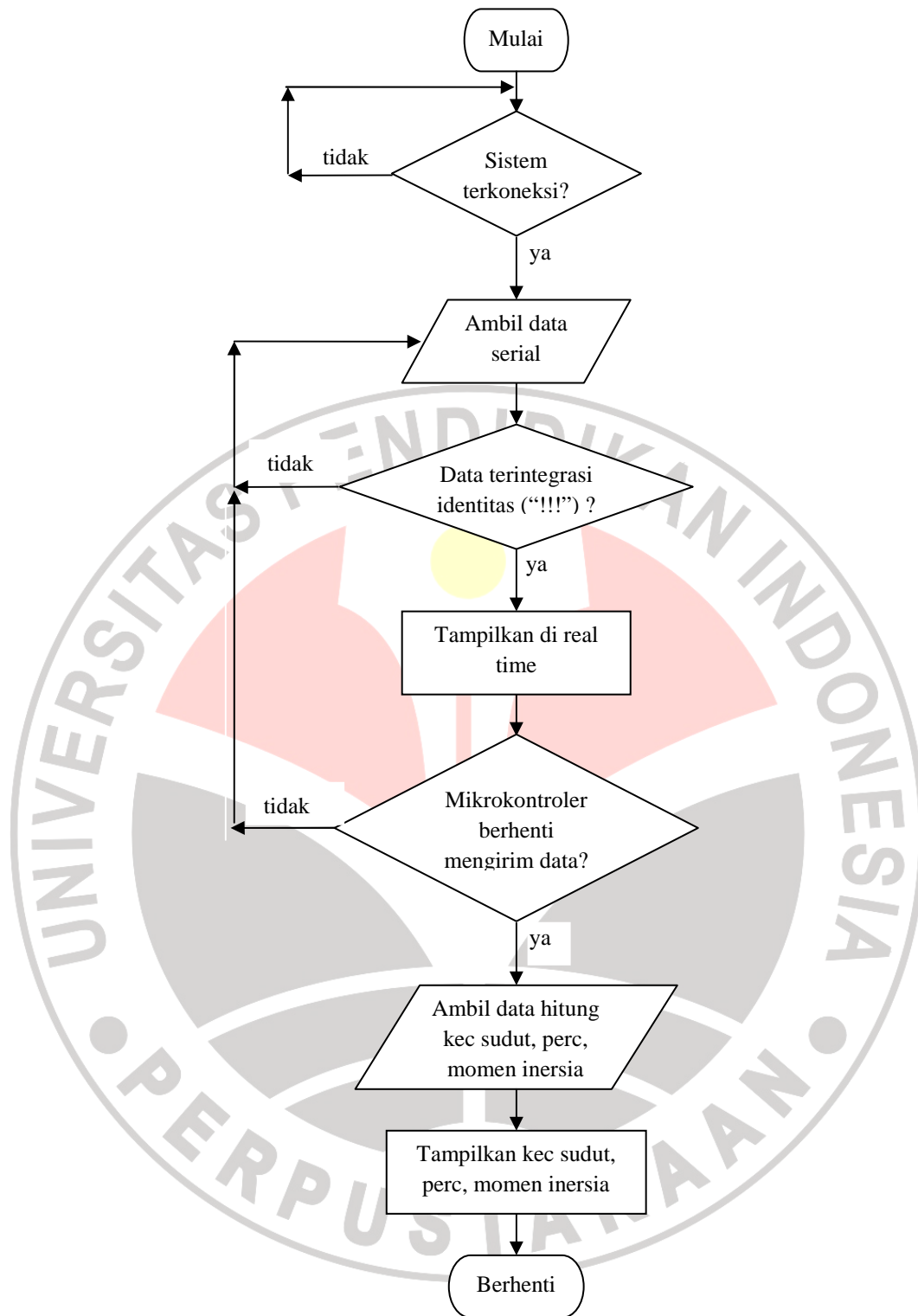
Perangkat lunak yang digunakan untuk menampilkan besaran-besaran yang diperoleh dari sistem alat pendeteksi putaran katrol ini menggunakan Visual Basic versi 6. Untuk menjalankan *software* ini diperlukan spesifikasi hardware minimal PC sebagai berikut :

- a. Prosesor PC Pentium I 166 MHz. direkomendasikan lebih tinggi
- b. HD 4 GB
- c. Memori RAM minimal 16 MB
- d. Microsoft internet Ekplorer
- e. Microsoft Windows 95 atau lebih tinggi

Perangkat lunak yang dibuat memiliki spesifikasi sebagai berikut.

- a. Mampu menampilkan data waktu dari mikrokontroler..
- b. Mampu mengolah data-data waktu tersebut menjadi kecepatan sudut, percepatan, dan momen inersia katrol.
- c. Secara keseluruhan *software* ini mampu menghasilkan dan menampilkan nilai pengukuran yang akurat.

Rangkaian yang telah dibuat, selanjutnya akan dibuatkan *software* sebagai penunjang dalam pemrosesan data pada komputer. *Software* yang dipakai adalah Visual Basic. Berikut ini adalah diagram alir dan koding program Visual basic.



Gambar 3.11 Diagram Alir *Software* Untuk Visual Basic

Koding Program Visual Basic

```
Dim GetDataFlag As Boolean
Dim ConnectFlag As Boolean
Dim StartTime As Variant
Dim EndTime As Variant
Dim ElapsedTime As Variant
Dim T As Variant
Dim F As Variant
Dim X As Variant
Private Sub cmd2_Click()
    rtb1.Text = ""
End Sub
Private Sub Cmdexit_Click()
End
End Sub
Private Sub Form_Load()
    GetDataFlag = False
    cmdCtrl(0).Enabled = True
    cmdCtrl(1).Enabled = False
    ConnectFlag = False
End Sub
Private Sub cmdCtrl_Click(Index As Integer)
    Select Case Index
```

```
Case Is = 0

    MSComm1.PortOpen = True

    cmdCtrl(0).Enabled = False

    cmdCtrl(1).Enabled = True

    ConnectFlag = True

    textStatus.Text = textStatus & "Connect"

    Elapsed = b - a

    T = (Elapsed * 2)

    Texttime.Text = Format(Now, "DDDD, d
MMMM yyyy hh:mm:ss")

    TextPerioda.Text = (Format(T, "ss") * 1000#)

    TextFrek.Text = F

    X = Format(1, "ss")

Case Is = 1

    MSComm1.PortOpen = False

    cmdCtrl(0).Enabled = True

    cmdCtrl(1).Enabled = False

    ConnectFlag = False

    textStatus.Text = Clear

    textStatus.Text = textStatus & "Disconnect"

End Select

End Sub
```

```

Private Sub Info_Click()

mninfo.Show

End Sub

Private Sub mnExit_Click()

End

End Sub

Private Sub Momen_Click()

Dim i As Variant

d = Val(TextR)           'Jari - jari piringan
e = Val(TextM1)         'Beban M1
F = Val(Textm)         'beban tambahan
M1

g = Val(Textg)         'percepatan
gravitasi

h = Val(TextM2)         'Beban M2

i = Val(Texta)         'Percepatan Linear

m = Val(Texta)         'Penyebut dari
persamaan Momen Inersia

j = d ^ 2 * ((e + F - h) * g - (e + F + h) * i) 'Pembilang
dari persamaan Momen Inersia

TextI = j \ m           'persamaan
Momen Inersia

End Sub

```

```
Private Sub MomenInersiaLiteratur_Click()  
Form1.Show  
End Sub  
  
Private Sub MSComm1_OnComm()  
On Error Resume Next  
Select Case MSComm1.CommEvent  
Case comEvSend:  
Case comEvReceive:  
    rtb1.Text = rtb1.Text & MSComm1.Input  
End Select  
End Sub  
  
Private Sub Text1_Change()  
Text1.Text = rtb1.Text  
Text1.Text = BufferStr  
End Sub  
  
Private Sub Text2_Change()  
  
End Sub  
  
Private Sub Texta_Change()
```



```
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
void pengukuran ()
{
    for (X=0; X<=36; X++)
    {
        counter=0;
        if(data==1) {kode=1;}
        if(data==0) {kode=2;}

        switch (kode)
        {
            case 1:
                counter++;
                a=counter;
                sprintf(buf,"counter=%d",a);

                counter=0;
                break;
            case 2:
                counter++;
                b=counter;
                sprintf(buf,"counter=%d",b);
                break;
            periode=(a+b)*36;
            sprintf(buf,"periode=%3d s",periode);
            printf("%3d",buf);
            delay_ms(1000);
        };
    };
};
```

3.4 Pengukuran Rangkaian dan Pengujian Alat Ukur

Pengukuran dilakukan pada rangkaian sistem sensor untuk mengetahui sensitivitas sensor berapa perbedaan tegangan ketika sensor disinari dan ketika sensor tidak disinari (*vs*). Pengukuran jarak optimum antara sensor dan objek dilakukan dengan cara mendeteksi pantulan dari pancaran radiasi inframerah ketika mengenai objek berwarna hitam dan berwarna putih oleh *phototransistor* dan bagaimana menentukan posisi sistem sensor pada sistem katrol pada saat pengukuran momen inersia

Untuk mengukur frekuensi putaran dalam menentukan momen inersia katrol dengan alat yang telah dibuat, langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menjalankan alat ini adalah sebagai berikut:

- a. Pasang sensor dan piringan sensor pada system katrol kemudian pastikan alat dalam keadaan on
- b. Tekan tombol Start untuk memulai pengukuran frekuensi putaran katrol. Pada tampilan PC pertama kali akan muncul nilai counter frekuensi.
- c. Tekan tombol Stop untuk mengetahui nilai momen inersia katrol. Pada tampilan PC akan terlihat nilai kecepatan sudut, percepatan linear.

Pengujian dan kalibrasi dilakukan dengan menghitung frekuensi putaran katrol dengan 10x pengulangan dilakukan secara terus menerus sebanyak 2 kali percobaan kemudian dilakukan perbandingan hasil pengukurannya dengan hasil perhitungannya dengan cara manual dan teoritis. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan alat yang dibuat dalam menentukan momen inersia katrol.