

# Rancang Bangun Sistem Kendali Motor Stepper Printer Canon BJC-S200SPx untuk Prototipe Lengan Robot 5-DOF (Majabot)

Hendri Maja Saputra  
P2 Tenaga Listrik dan Mekanika  
hendri\_maja@yahoo.co.id

## Abstract

*Designing and building of motor stepper control system from unused printer Canon BJC-S200SPx of robot arm prototype with five degree of freedom (5-DOF) has been developed. That printer type is used because if trouble occur it is not only very difficult but also expensive to be repaired, so it is sold very cheap or misspent. Robot arm has 5 revolution joints, wherein each joint is limited by one degree of freedom to make the manipulator control systems and mechanics work easier. To control the systems device, it needs driver (control circuit) with data input in the form of computer command using programming software, with parallel port communicated in order to generate motor stepper pulses. The experiment results showed that low-precisian of robot arm movement occur cumulatively, although hardware and software control systems had been designed optimally.*

*Keywords: stepper motor, BJC-S200SPx printer, robot arm, five degree of freedom (5-DOF)*

## Abstrak

*Rancang bangun sistem kendali motor stepper dari printer bekas Canon BJC-S200SPx untuk prototipe lengan robot dengan lima derajat kebebasan (5-DOF) telah dilakukan. Penggunaan tipe printer tersebut dikarenakan apabila mengalami kerusakan sangat sulit diperbaiki atau biaya perbaikannya mahal, sehingga dijual murah atau dibuang begitu saja. Lengan robot memiliki lima buah joint rotasi, dimana setiap joint dibatasi satu derajat kebebasan untuk memudahkan mekanisme dan sistem kendali manipulator. Untuk perangkat sistem kendali memerlukan driver dengan masukan data perintah dari komputer menggunakan bahasa pemrograman yang dikomunikasikan dengan port paralel agar menghasilkan pulsa-pulsa motor stepper. Hasil percobaan menunjukkan bahwa terjadi kurang kepresisian gerak lengan robot secara komulatif, walaupun perangkat keras dan perangkat lunak sistem kendali telah dirancang secara optimal.*

*Kata kunci: motor stepper, printer BJC-S200SPx, lengan robot, lima derajat kebebasan (5-DOF)*

## 1. Pendahuluan

Produk bidang teknologi yang berkembang pesat saat ini adalah robotika, karena robot dapat dirancang untuk mengerjakan proses kerja dengan kepresisian yang tinggi (kualitas) serta mempunyai produktivitas kerja yang lebih banyak (kuantitas) sehingga dapat membantu meningkatkan volume produksi. Selain itu robot juga mampu ditempatkan untuk

operasi-operasi yang dianggap beresiko untuk dilakukan oleh manusia. Proses kerja robot meliputi serangkaian sistem kendali yang memungkinkan robot menerima perintah, menjalankan program kerjanya, dan menghasilkan proses baik secara interupsi maupun secara berulang-ulang [1].

Sejalan dengan hal tersebut, dalam aktifitas sehari-hari, baik itu diperkantoran maupun diperumahan banyak yang menggunakan mesin-mesin tulis elektronik,

karena dapat lebih cepat dan kualitas kerja terlihat lebih bagus dibandingkan dengan alat-alat tulis konvensional. Salah satu jenis alat tulis elektronik yang digunakan adalah mesin printer, tetapi sangat disayangkan banyak dari mesin-mesin printer yang apabila mengalami kerusakan sangat sulit untuk dilakukan perbaikan atau biaya perbaikannya cukup mahal, sehingga banyak dari mesin printer tersebut yang dijual dengan harga murah bahkan tidak sedikit yang dibuang begitu saja.

Penelitian yang dilakukan adalah mengenai rancang bangun sistem kendali motor stepper untuk aktuator suatu manipulator lengan robot lima derajat kebebasan (5-DOF) dengan menganalisa rangkaian analog yang digunakan serta mengidentifikasi sistem koneksi pada perangkat keras robot (*hardware*) yang menggunakan motor stepper dari mesin-mesin printer bekas tipe canon BJC S200SpX sebagai aktuatornya yang kemudian dihubungkan menggunakan perangkat lunak (*software*) sehingga dapat berfungsi dengan baik. Penelitian dibatasi pada pengaturan motor stepper yang berbasis komputer.

## 2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu studi literatur, desain dan rancang bangun manipulator lengan robot 5-DOF, desain dan rancang bangun *driver* motor stepper, pembuatan program untuk sistem perangkat melalui komputer, dan analisa sistem kerja lengan robot. Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian adalah melihat spesifikasi dari printer yang akan digunakan untuk diambil motor steppernya, kemudian dilakukan desain dan rancang bangun yang disesuaikan dengan spesifikasi motor stepper yang ada pada mesin printer, setelah itu pembuatan bahasa pemrograman yang dibutuhkan untuk mengoperasikan *driver* motor yang telah dibuat. Selanjutnya manipulator dan sistem kendali yang dibuat diuji coba fungsi dan sistem kerjanya dengan cara mengukur kepresisian sudut dan tegangan yang ditimbulkan dari proses yang

terjadi karena pergerakan motor stepper pada manipulator lengan robot.

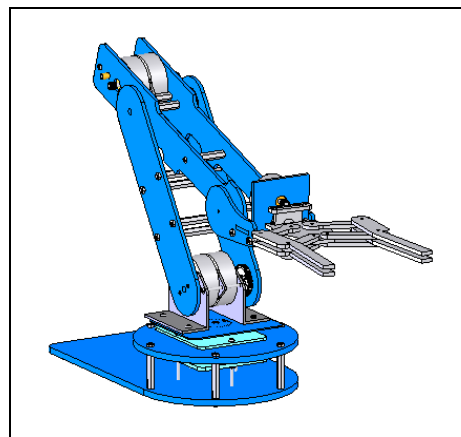
## 3. Desain dan Rancang Bangun

Komponen utama lengan robot secara umum memiliki tiga bagian penting, yaitu sistem mekanik (manipulator), sistem elektronik, dan sistem kendali.

### 3.1 Rancang Bangun Manipulator Lengan Robot 5-DOF

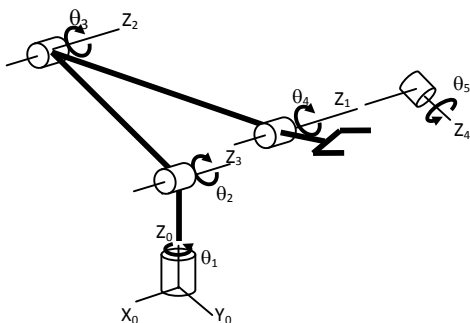
Fungsi robot tergantung dari jenis *end-effector* yang dipasang pada manipulator. *End-effector* yang digunakan dalam penelitian adalah *bilateral action gripper* yang memiliki rahang yang dapat bergerak membuka dan menutup (menjepit) dengan fungsi kerja untuk memegang dan memindahkan barang. Sistem mekanik menggambarkan bagaimana bentuk dari lengan robot dan merupakan asas yang menentukan keterampilan/kecepatan dari sebuah lengan robot. Tiga aspek yang dipertimbangkan dalam mendesain lengan robot, yaitu jumlah batang (*link*), jumlah *joint* (antara translasi/*prismatic* atau rotasi/*revolute*) dan kemampuan pergerakan tiap *joint* (derajat kebebasan/DOF).

Gambar 1 menunjukkan manipulator yang memiliki lima derajat kebebasan (5-DOF), dengan lima *joint* yang dapat berotasi serta *end-effector* yang berupa *bilateral gripper* [5].



Gambar 1 Desain manipulator lengan robot

Gambar 2 menunjukkan posisi/koordinat awal lengan robot dalam kondisi diam (*default*).



**Gambar 2** Posisi awal lengan robot 5-DOF

Berdasarkan estimasi perhitungan yang dilakukan, untuk kebutuhan bahan masing-masing *link* dan *gripper*, didapat panjang efektif antara pusat-pusat *joint* (*d* & *a*) dan massa pada setiap *link* (*m*), sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1** Panjang efektif antara pusat-pusat *joint* dan massa pada setiap *link*

Panjang ( <i>d</i> & <i>a</i> )	Massa ( <i>m</i> )
$d_0 = 30 \text{ mm}$	$m_{\text{base}} = 0,48 \text{ kg}$
$d_1 = 65 \text{ mm}$	$m_1 = 0,3047 \text{ kg}$
$a_2 = 100 \text{ mm}$	$m_2 = 0,0919 \text{ kg}$
$a_3 = 109 \text{ mm}$	$m_3 = 0,2541 \text{ kg}$
$d_4 = 0 \text{ mm}$	$m_{\text{gripper}} = 0,1746 \text{ kg}$
$d_5 = 130 \text{ mm}$	

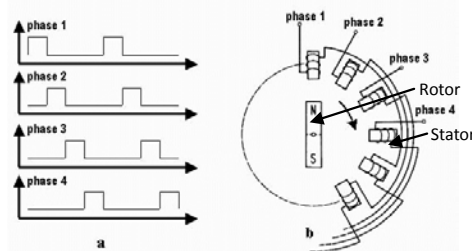
### 3.2 Rancang Bangun Rangkaian Sistem Kendali Motor Stepper

Ada beberapa kriteria yang perlu diperhatikan dari spesifikasi motor stepper, antara lain: torsi, daya, dimensi, dan kecepatan respon motor. Hal-hal tersebut perlu diperhatikan karena digunakan pada saat dilakukannya perhitungan dan analisa.

Rancang bangun sistem kendali lengan robot 5-DOF pada kegiatan penelitian memanfaatkan tujuh buah motor stepper jenis *unipolar* dari mesin-mesin printer bekas, dimana setiap satu printer bekas tipe Canon BJC S200SPx memiliki dua buah motor stepper, yaitu satu yang *unipolar* dan satu yang *bipolar*, tetapi karena yang

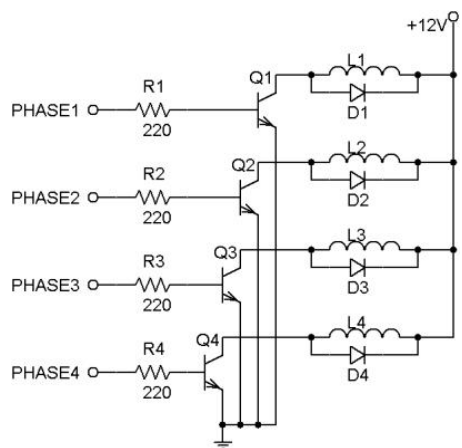
digunakan hanya yang *unipolar* maka untuk mendapatkan tujuh buah motor stepper diperlukan tujuh buah printer bekas.

Motor stepper merupakan motor DC yang banyak digunakan pada sistem robotika karena keunggulannya dalam tingkat keakuratan posisi dan dapat berputar kearah yang diinginkan hanya dengan memberi pulsa listrik dengan pola-pola tertentu. Perputaran terjadi ketika gigi-gigi rotor tertarik oleh kutub-kutub stator yang termagnetisasi. Gambar 3 menunjukkan kontruksi dan cara kerja motor stepper [2].



**Gambar 3** Penampang motor stepper unipolar 4 fase

Apabila pulsa diberikan dari fase satu ke fase empat maka motor stepper berputar searah dengan jarum jam dan apabila diberi pulsa sebaliknya maka motor stepper pun akan berputar berlawanan arah jarum jam. Gambar 4 menunjukkan rangkaian *driver* motor stepper yang umum digunakan untuk *interfacing* motor stepper dengan port paralel [2].



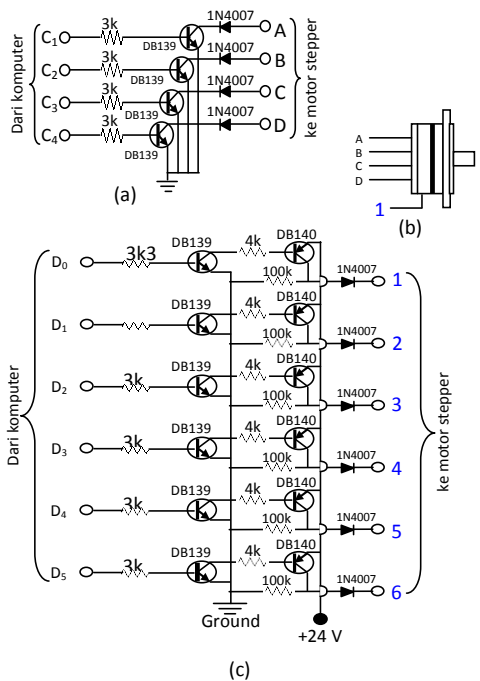
**Gambar 4** Rangkaian *driver* motor stepper

Dalam penelitian ini skematik rangkaian sistem kendali motor stepper yang digunakan terdiri dari beberapa komponen elektronika dasar seperti yang ditunjukkan pada gambar 5, yaitu resistor, transistor, dan dioda. Hal ini dilakukan agar dapat diketahui performansi fungsi dari setiap komponen tersebut.

Gambar 5 mengilustrasikan dua buah rangkaian dan satu buah motor stepper yang dibutuhkan, antara lain:

- a. Rangkaian penghasil pulsa motor stepper.
- b. Motor Stepper.
- c. Rangkaian alamat motor stepper yang ingin digerakkan.

Perangkat pelengkap *driver* lengan robot terdiri dari catu daya dengan tegangan DC konstan 24 Volt (catu daya pada printer) dan konektor port paralel 25 pin (DB-25). Fungsi port paralel adalah sebagai komunikasi pengendali robot. Spesifikasi elektris untuk port paralel, yaitu Logika "1" (*high*) ialah tegangan +2,4 sampai +5 V. dan Logika "0" (*low*) ialah tegangan 0 sampai +0,8 V.

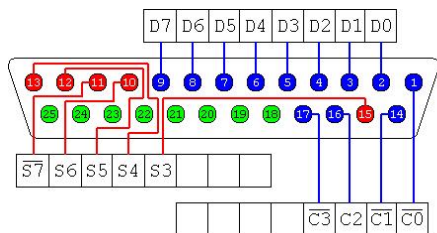


Gambar 5 Rangkaian *driver* aktuator

Tabel 2 Konfigurasi pin dan nama sinyal konektor port paralel DB-25

Pin No (D-Type 25)	SPP Signal	Direction In/out	Register.bit
1*	nStrobe	In/Out	Control.0
2	Data 0	In/Out	Data.0
3	Data 1	In/Out	Data.1
4	Data 2	In/Out	Data.2
5	Data 3	In/Out	Data.3
6	Data 4	In/Out	Data.4
7	Data 5	In/Out	Data.5
8	Data 6	In/Out	Data.6
9	Data 7	In/Out	Data.7
10	nAck	In	Status.7
11*	Busy	In	Status.6
12	Paper-Out / Paper-End	In	Status.5
13	Select	In	Status.4
14*	nAuto-Linefeed	In/Out	Control.1
15	nError / nFault	In	Status.3
16	nInitialize	In/Out	Control.2
17*	nSelect-Printer / nSelect-In	In/Out	Control.3
18 - 25	Ground	Gnd	

Gambar 6 menunjukkan penampang port paralel, sedangkan tabel 2 menunjukkan konfigurasi port paralel yang memiliki tiga buah register, yaitu register data, register status, dan register control.

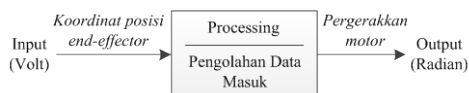


**Gambar 6 Konfigurasi slot port paralel DB-25 female [7]**

### 3.3 Pemrograman Sistem Kendali

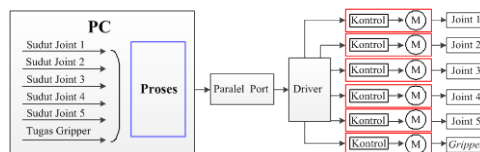
Sistem kendali lengan robot pada umumnya adalah rangkaian elektronika berbasis mikroprosesor yang berfungsi sebagai pengatur seluruh komponen dalam membentuk fungsi kerja, dalam kegiatan ini hal tersebut langsung dilakukan oleh komputer. Sistem kendali yang dirancang memiliki tiga fungsi, yaitu memulai dan mengakhiri pergerakan komponen manipulator pada tahapan yang diinginkan dengan titik yang spesifik, menyimpan data posisi juga data tahapan dalam memori (*database*), serta mengizinkan robot untuk dapat *interface* dengan perangkat tertentu.

Secara garis besar sistem kendali terbuka untuk gerak robotika mempunyai bagian-bagian terstruktur, seperti yang ditunjukkan pada gambar 7.



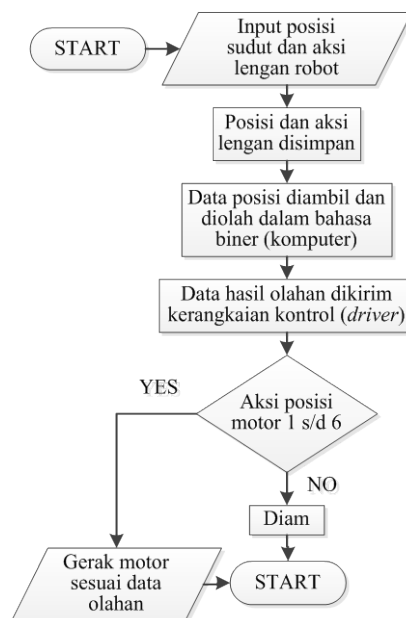
**Gambar 7 Skematik Sistem Kendali Robot**

Proses sistem kendali lengan robot berasal dari program yang telah dibuat pada satu unit komputer. Data masukan yang digunakan untuk mengatur pergerakan yaitu berupa posisi sudut, ditambah dengan tugas (membuka/menutup) *gripper*. Gambar 8 menunjukkan skematik cara kerja lengan robot.



**Gambar 8 Diagram skematik cara kerja lengan robot**

Berdasarkan gambar 8, terlihat bahwa data posisi sudut atau tugas *gripper* diproses melalui bahasa pemrograman, yang kemudian oleh komputer data dikirim ke rangkaian *driver* motor melalui sistem komunikasi port paralel. Setelah data tersebut diterima oleh rangkaian *driver*, data tersebut diolah untuk menghasilkan sinyal (arus listrik) agar dapat menyalakan motor stepper. Gambar 9 menunjukkan diagram alir untuk program kendali lengan robot secara umum.



**Gambar 9 Flowchart program kendali lengan robot**

## 4. Hasil dan Pembahasan

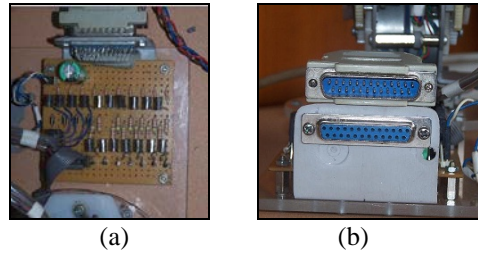
Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat kepresisian alat dan kesalahan yang terjadi pada alat yang dirancang.

#### 4.1 Hasil Pembuatan dan Spesifikasi Teknis Lengan Robot 5-DOF

Gambar 10 dan 11 menunjukkan bentuk fisik lengan robot yang telah dibuat.



Gambar 10 Manipulator lengan robot



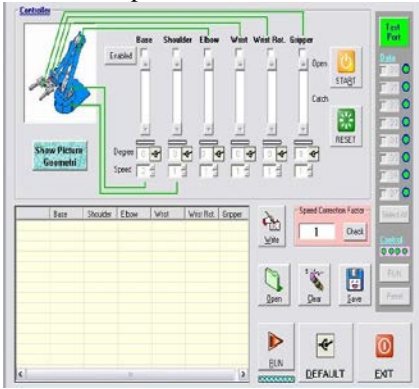
Gambar 11 (a)Rangkaian *driver* motor (b)Interfacing port paralel (DB-25)

Pada tabel 3 menunjukkan spesifikasi lengan robot 5-DOF yang telah dirancang bangun. Dimana setiap joint lengan robot untuk berputar memiliki batasan sudut dan kecepatan. Dengan kemampuan dalam mengangkat beban maksimal 0.27 Kg.

Tabel 3 Spesifikasi lengan robot

MODEL		PROTOTIPE LENGAN ROBOT 5-DOF	
Struktur		Robot Articulated Vertikal	
Koordinat kendali		5 Derajat Kebebasan (5-DOF) + <i>Gripper</i>	
Berat Robot		±1,4 kg	
Batasan Gerak	<i>Base</i>	± 90 <sup>0</sup>	524 putaran
	<i>Shoulder</i>	0 <sup>0</sup> , +120 <sup>0</sup>	5280 putaran
	<i>Elbow</i>	0 <sup>0</sup> , 150 <sup>0</sup>	900 putaran
	<i>Wrist</i>	± 75 <sup>0</sup>	686 putaran
	<i>Wrist Rotation</i>	± 90 <sup>0</sup>	90 putaran
	<i>Gripper</i>	0 <sup>0</sup> , +90 <sup>0</sup>	108 putaran
Kecepatan Maksimum	<i>Base</i>	120 <sup>0</sup> /s	2,09 rad/s
	<i>Shoulder</i>	12 <sup>0</sup> /s	0,21 rad/s
	<i>Elbow</i>	61 <sup>0</sup> /s	1,06 rad/s
	<i>Wrist</i>	88 <sup>0</sup> /s	1,54 rad/s
	<i>Wrist Rotation</i>	400 <sup>0</sup> /s	6,98 rad/s
	<i>Gripper</i>	720 <sup>0</sup> /s	12,57 rad/s
Kemampuan Angkut		Maksimal 0,270 kg	
Jangkauan Atas		Maksimal 300 mm	
Jangkauan Depan		Maksimal 220 mm	
<i>Gripper</i>	Lebar Sisi	40 mm	
	Kedalaman	30 mm	
Material		Fiberglass	
Kapasitas Daya		≤ 24 V	

Gambar 12 menunjukkan tampilan *interfacing* (antar muka) sistem kendali dari rancang bangun lengan robot lima derajat kebebasan dengan aktuator penggerak yang dikendalikan adalah motor stepper dari printer bekas tipe BJC S200SPx.



**Gambar 12 Form input kendali robot**

Antar muka sistem kendali yang dibuat menampilkan indikator koneksi port paralel, pengaturan posisi sudut manual, pengaturan posisi sudut otomatis (*database*) dan penyimpanan/pembukaan file yang berisi *database* kerja lengan robot.

## 4.2 Programming Sistem Kendali

Kode-kode berikut ini merupakan fungsi-fungsi penting yang digunakan untuk sistem kontrol dalam pemrograman lengan robot.

### Fungsi Waktu Tunda

```
Function delay1() As Control
a1=1000
ST=Speed1.Text*a1*(1/SpeedFactor)
Do While ST > 0
ST = ST - 1
Loop
End Function
```

### Fungsi Pulsa Penggerak Motor

```
Function mtrl_maju() As Control
ST = 0; SL = 0; port = 1
SL = (Label25*variable speed)
Do While SL >= 0
If i > 8 Then
i = 1
End If

If i = 1 Then
Call PortOut(888, port)
Call PortOut(890, 8)
```

```
delay1
ElseIf i = 2 Then
Call PortOut(888, Port)
Call PortOut(890, 9)
delay1
:
:
ElseIf i = 8 Then
Call PortOut(888, port)
Call PortOut(890, 10)
delay1
End If

i = i + 1
SL = SL - 1
Loop
End Function
```

### Function mtrl\_mundur() As Control

```
SL = 0; ST = 0; port = 1
SL = (Label25*variable speed)
Do While SL >= 0
If i > 8 Then
i = 1
End If

If i = 1 Then
Call PortOut(888, port)
Call PortOut(890, 7)
delay1
ElseIf i = 2 Then
Call PortOut(888, Port)
Call PortOut(890, 15)
delay1
:
:
ElseIf i = 8 Then
Call PortOut(888, port)
Call PortOut(890, 3)
delay1
End If

i = i + 1
SL = SL - 1
Loop
End Function
```

### Fungsi Menjalankan Lengan Robot

```
Private Sub Command9_Click()
Dim Deg1, Deg2, Deg3, Deg4, Deg5,
Deg6, Deg7 As Integer
Command9.MousePointer = 11

If CommonDialog1.FileName <> ""
Then
FileCopy CommonDialog1.FileName,
"C:\gerak.text"
Else
FileCopy"C:\base.text",
"C:\gerak.text"
End If
```

```

Open"C:\gerak.text" For Input As
#1
Do Until EOF(1)
Input#1,Deg1,Deg2,Deg3,Deg4,Deg5,
Deg6,Deg7
    Text1.Text = Deg1
    :
    :
    Text6.Text = Deg6

If Val(Label24) < Text1.Text Then
Label25= Text1.Text
Label25= Label25-Label24
Label24= Val(Label25)+Label24
mtrl_maju
ElseIf Val(Label24) > Text1.Text
Then
Label25= Text1.Text
Label25= Label24-Label25
Label24= Label24-Val(Label25)
mtrl_mundur
End If
:
:
If Val(Label34) < Text6.Text Then
Label35= Text6.Text
Label35= Label35 - Label34
Label34= Val(Label35)+Label34
mtr6_maju
ElseIf Val(Label34) > Text6.Text
Then
Label35= Text6.Text
Label35= Label34 - Label35
Label34= Label34-Val(Label35)
Mtr6_mundur
End If
Loop
Close #1

Call PortOut(890, 11)
Call PortOut(888, 0)
Command9.MousePointer = 0
End Sub

```

### **Fungsi Reset Posisi Lengan Robot**

```

Private Sub Command7_Click()
VScrDeg1.Value = "0"
:
:
VScrDeg6.Value = "0"

Text1.Text = "0"
:
:
Text6.Text = "0"

If Val(Label24)<Deg1.Text Then
Label25 = Deg1.Text
Label25 = Label25-Label24
Label24 = Val(Label25)+Label24

```

```

mtrl_maju
ElseIf Val(Label24)>Deg1.Text
Then
Label25 = Deg1.Text
Label25 = Label24-Label25
Label24 = Label24-Val(Label25)
mtrl_mundur
End If
:
:
If Val(Label34)<Degree6.Text Then
Label35= Degree6.Text
Label35= Label35 - Label34
Label34= Val(Label35)+Label34
motor6_maju
ElseIf Val(Label34)> Degree6.Text
Then
Label35= Degree6.Text
Label35= Label34 - Label35
Label34= Label34-Val(Label35)
motor6_mundur
End If

Call PortOut(888, 0)
Call PortOut(890, 11)
End Sub

```

### **Fungsi Memasukan Database**

```

Private Sub Command8_Click()
Dim LI As ListItem
If i >= 0 Then
a = 0
End If

If a = 0 Then
Set LI =
ListView1.ListItems.Add(, ,i+1)
LI.SubItems(1) = Deg1
:
:
LI.SubItems(6) = Deg6
End If

i = i + 1
Open"C:\base.txt" For Append As#1
Write#1,Deg1,Degr2,Deg3,Deg4,Deg5
,Deg6,Deg7
Close #1
End Sub

```

### **Fungsi Menyimpan File Database**

```

Private Sub Command11_Click()
Dim Deg1, Deg2, Deg3, Deg4, Deg5,
Degr6,D eg7 As Integer

Dim simpan, tujuan As String
CommonDialog1.CancelError = True
On Error GoTo errHandler
CommonDialog1.Flags =
cdlOFNHideReadOnly

```



```

CommonDialog1.Filter = "*.txt"
CommonDialog1.FilterIndex = 2
CommonDialog1.ShowSave

Simpan = ("E:\Program Lengan
Robot 5-DOF\base.txt")
Tujuan = (CommonDialog1.FileName&
".txt")
FileCopy simpan, tujuan

Exit Sub
errHandler:
Exit Sub
End Sub

```

**Fungsi Membuka File Database**

```

Private Sub Command12_Click(Dim)
Deg1, Deg2, Deg3, Deg4, Deg5,
Deg6, Deg7 As Integer
CommonDialog1.CancelError = True
On Error GoTo errHandler
CommonDialog1.Flags =
cdloFNHideReadOnly
CommonDialog1.Filter =
"allfiles (*.*)[*.*]text
files"&" (*.txt)[*.text]batch
files (*.bat)[*.bat"
CommonDialog1.FilterIndex = 2
CommonDialog1.ShowOpen
Open CommonDialog1.FileName For
Input As #1
Do Until EOF(1)
If i >= 0 Then
a = 0
End If

If a = 0 Then
Input#1, Deg1, Deg2, Deg3, Deg4, Deg5,
Deg6, Deg7
Set ListItems =
ListView1.ListItems.Add(, i+1)
ListItems.SubItems(1)=Deg1
:
:
ListItems.SubItems(6)=Deg6

```

```

End If
i = i + 1
Loop
Close #1
Exit Sub
errHandler:
Exit Sub
End Sub

```

**Fungsi Menghapus Database**

```

Private Sub Command10_Click()
Open"C:\temporer.txt" For Append
As #2
Close #2
Kill"C:\gerak.txt"
Name"C:\temporer.txt" As "C:\
gerak.txt"
Open"C:\temporer2.txt" For Append
As #2
Close #2
Kill"C:\base.txt"
Name"C:\temporer2.txt" As"C:\base
.txt"
CommonDialog1.FileName = ""
ListView1.ListItems.Clear
i = 0
End Sub

```

**4.3 Pengujian Unit Perangkat Manipulator Lengan Robot 5-DOF**

Setelah pembuatan, dilakukan pengujian serta pengukuran pada perangkat lengan robot dalam kemampuannya untuk mengangkat dan memindahkan barang. Dimana besaran minimal yang diperoleh dijadikan acuan spesifikasi kemampuan lengan robot secara menyeluruh.

Tabel 4 menunjukkan kemampuan pengangkatan beban yang dapat dilakukan oleh lengan robot lima derajat kebebasan.

**Tabel 4 Hasil pengukuran kemampuan pengangkatan beban oleh lengan robot**

<b>Aktuator</b>	<b>Torsi Motor Stepper</b>	<b>Torsi setelah direduksi</b>	<b>Kemampuan estimasi pengangkatan beban (KEA)</b>	<b>Kemampuan aktual pengangkatan beban (KAA)</b>
1.	52,9 mN.m	930,662 N. mm	1,885 kg	-
2.	105,8 mN.m	5406,757 N.mm	6,368 kg	-
3.	52,9 mN.m	1469,467 N.mm	0,575 kg	-
4.	52,9 mN.m	692,748 N.mm	0,413 kg	-
5.	52,9 mN.m	71,429 N. mm	0,270 kg	≤ 0,200 kg
6.	52,9 mN.m	61,507 N. Mm	-	-

Penyimpangan

$$= \left[ \frac{KEA - KAA}{KEA} \right] \times 100\%$$

$$= \left[ \frac{0,27 - 0,20}{0,27} \right] \times 100\% = 25,93\%$$

Penyimpangan menunjukkan bahwa terdapat rugi-rugi yang terjadi pada sistem transmisi manipulator lengan robot dan tegangan masuk pada rangkaian *driver* motor stepper tidak tersuplai secara optimal.

#### 4.4 Pengujian Unit Perangkat Driver Motor Stepper

Tipe motor stepper dari mesin printer adalah Mitsumi M42SP-7P.

a. Pengujian Tegangan Catu Daya

**Tabel 5 Hasil pengukuran catu daya**

Kondisi Pembebanan	Tegangan
Tegangan tanpa beban	21,5 V
Tegangan beban penuh	20,5 V

Penyimpangan

$$= \left[ \frac{V_{\text{tanpa beban}} - V_{\text{beban penuh}}}{V_{\text{tanpa beban}}} \right] \times 100\%$$

$$= \left[ \frac{21,5 - 20,5}{21,5} \right] \times 100\% = 4,65\%$$

Penyimpangan tegangan standar bernilai kurang dari 5%, sehingga disimpulkan rangkaian catu daya dapat bekerja dengan baik.

b. Pengujian Tegangan Komunikasi Port Paralel

**Tabel 6 Hasil pengukuran port paralel**

Kondisi Pembebanan	Tegangan
Tegangan logika "0" (low)	0 V
Tegangan logika "1" (high)	4,5 V

Dari hasil pengukuran tegangan port paralel didapat nilai tegangan logika 0 dan logika 1 berada batas normal, yakni logika 0 berada pada kisaran 0 s/d 0,8 V dan logika 1 berada pada kisaran 2,4 s/d 5 V. Sehingga

disimpulkan port paralel dapat bekerja dengan baik.

c. Pengujian Tegangan Rangkaian Driver

**Tabel 7 Hasil pengukuran driver**

Kondisi	Tegangan
Saturasi (saklar tertutup)	0 V
Cut off (saklar terbuka)	21 V
Tegangan masuk saklar	21,5 V

Penyimpangan

$$= \left[ \frac{V_{\text{tegangan masuk}} - V_{\text{saklar terbuka}}}{V_{\text{saklar terbuka}}} \right] \times 100\%$$

$$= \left[ \frac{21,5 - 21}{21,5} \right] \times 100\% = 2,34\%$$

Penyimpangan tegangan standard bernilai kurang dari 5%, sehingga disimpulkan rangkaian dapat bekerja dengan baik.

## 5. Kesimpulan

Pengaturan motor stepper untuk lengan robot yang menggunakan sistem kendali *open-loop* (tanpa umpan balik) akan mengakibatkan penyimpangan sudut yang secara kumulatif akan terus bertambah, hal tersebut dikarenakan tidak dilakukan proses koreksi terhadap kesalahan sudut yang dihasilkan. Perangkat keras rangkaian *driver* motor stepper yang dikomunikasikan dengan komputer melalui port paralel memiliki keterbatasan dengan maksimum hanya 8 channel. Penyimpangan kemampuan peangkatan beban adalah 25,93 %, hal ini menunjukkan bahwa terdapat rugi-rugi yang terjadi pada sistem transmisi manipulator lengan robot, sehingga daya motor stepper tidak optimal. Selain itu, tegangan yang masuk pada rangkaian *driver* motor stepper juga tidak tersuplai secara optimal walaupun masih dibawah batas normal (< 5 %), yaitu 2,34%.

## 6. Daftar pustaka

- [1] Devit. *Perancangan Perangkat Keras Lengan Robot Dengan Tiga Derajat Kebebasan*. Resume Tugas Akhir. Universitas Sriwijaya. 2005, Hal 1-2.
- [2] Mayoowari, Ranggi Trissyna. *Perancangan Sistem Pengatur Kamera Dengan Motor Stepper Yang Berbasis Komputer*. Resume Tugas Akhir. Universitas Sriwijaya. 2004. Hal 1-8
- [3] Tood, DJ.. *Fundamental of Robot Technology: Introduction to industrial robot, teleoperators and robot vehicles..* London: Kogan Page LTD. 1986. Hal 72-73
- [4] Pitoworno Endra. *Robotika: Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET (Penerbit ANDI). 2006.
- [5] Web: [www.lynxmotion.com](http://www lynxmotion.com) diakses pada tanggal 26 juni 2006.
- [6] Web: [www.AllDataSheet.com](http://www.AllDataSheet.com) diakses pada tanggal 26 juni 2006.
- [7] Web: [hamel.blogspot.com/2009/06/22/9/](http://hamel.blogspot.com/2009/06/22/9/) diakses pada tanggal 14 juni 2010.