

2. DASAR TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori penunjang yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir. Pembahasan meliputi pengertian dan cara kerja dari lengan robot, pengertian, cara kerja, beserta spesifikasi dari *controller* yang digunakan, pengertian, cara kerja dari sensor *electromyograph* , *incremental encoder* sebagai *input device*, *stepper motor* sebagai *output device*, dan lengan robot.

2.1. Kinetic Teaching

Kinetic teaching dalam mode ini, operator secara fisik menggerakkan lengan robot, lihat gambar 2.1. Derajat yang terbaca dari setiap join lengan robot akan disimpan dan dijadikan data sebagai acuan ketika lengan robot dioperasikan. Sebuah keuntungan dari metode ini adalah bahwa hal itu membantu menghindari masalah yang disebabkan oleh manusia untuk fungsi pemetaan robot.

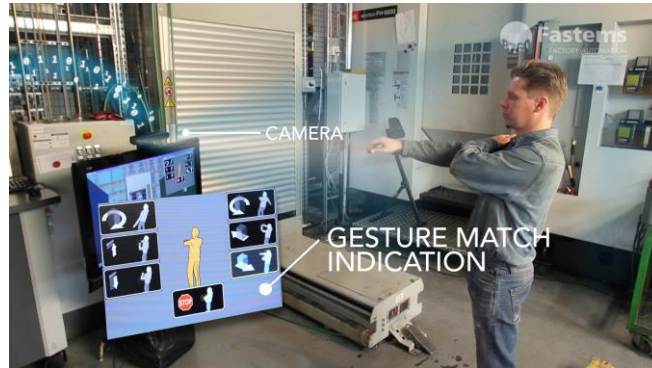


Gambar 2.1 Ilustrasi gambar *kinesthetic teaching* pada lengan robot
(Robotiq, 2014)

2.2. Gesture Control

Teknologi gesture control, seperti pada ilustrasi gambar 2.2, merupakan teknologi yang memiliki kemampuan untuk mengenal dan memproses gerakan-gerakan yang dihasilkan oleh tubuh manusia dengan maksud untuk mengontrol sistem

komputer tanpa melakukan kontak fisik dengan manusia. (Birmingham University, 2016). Jenis-jenis gerakan yang dapat dibaca oleh gesture control merupakan gerakan tangan, seperti gerakan tangan orang ketika mengucapkan salam, gerakan ekspresi muka, dan gerakan badan, seperti membungkuk, melompat, dan lainnya (Birmingham University, 2016).



Gambar 2.2 Gambar mekanisme *gesture control*

(FIMECC, 2012)

2.3. Python Pyoconnect

Python pyoconnect digunakan sebagai alternatif untuk pengguna linux agar dapat berkreasi melalui pembuatan *script* yang dapat dimanfaatkan oleh myo armband. Jika dalam windows dapat digunakan *myoconnect* yang menggunakan *lua script*, berbeda pada *pyoconnect* yang menggunakan bahasa pemrograman *python* (Cosentino, 2015).



Gambar 2.3 Aplikasi *pyoconnect* untuk *python*

(Cosentino, 2015)

2.4. Omron CP1H



Gambar 2.4 PLC Omron CP1H

(Omron, 2014)

Omron CP1H digunakan sebagai kontroler daripada lengan robot, membaca berbagai *input*, mengontrol sebuah sistem untuk menghasilkan *output*. Digunakan aplikasi *cx-programmer* untuk memprogram Omron CP1H. Omron CP1H membaca segala input yang bersifat *digital input*, dan memproses *output* yang bersifat *digital output* juga. Omron CP1H mampu menghasilkan *pulse output* yang berfungsi untuk menjalankan *stepper motor* dan *servo motor*, namun tetap didukung oleh *stepper driver* dan *servo driver*.

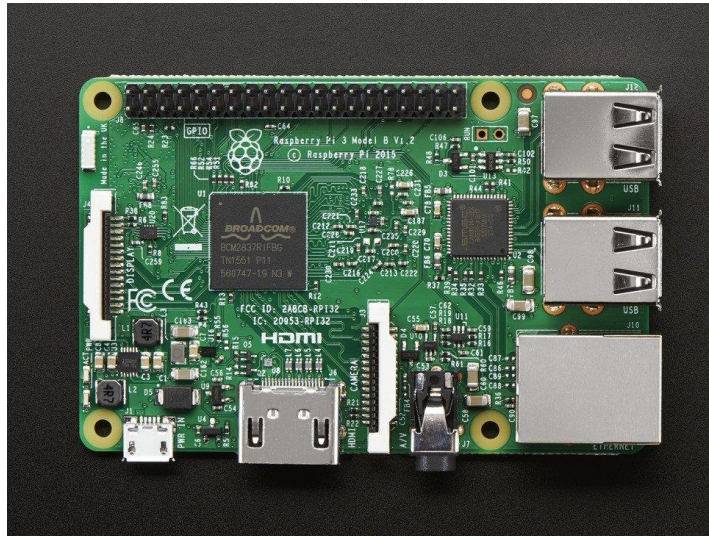
Omron CP1H yang digunakan pada tugas akhir ini bertipe Omron CP1H-XA40DT-D. Berikut merupakan spesifikasi Omron CP1H-XA40DT-D (Omron, 2014)

:

- *Operating voltage range* : 20.4 - 26.4 VDC
- *Power Consumption* : Maksimum 50W
- *Noise immunity* : Mengacu pada IEC 61000-4-4.
- *Vibration resistance* : Mengacu pada JIS C60068-2-6.
- *Shock resistance* : Mengacu pada JIS C60068-2-27.

- *Operating temperature* : 0 – 55°C
- *Storage temperature* : -20 – 75°C (tanpa baterai)
- *Operating humidity* : 10% - 90% (tanpa embun)
- *Program language* : *Ladder diagram*
- *Instruction length* : 1 – 7 *steps* setiap 1 instruksi
- *Processing time* : 0.7ms
- *Program capacity* : 20K steps
- Work bits : 8,192 bits (512 words): W0.00 - W511.15
(W0 - W511)
- Timers : 4,096 bits: T0 - T4095
- Counters : 4,096 bits: C0 - C4095
- DM Memory : 32 Kwords: D0 - D32767
- Built in terminals : 40 (24 inputs, 16 outputs)
- High speed counters : 4 *inputs* (*pulse plus direction @100kHz*)
- Pulse outputs : 4 *outputs*, 1 Hz - 100 kHz (CCW/CW
atau pulse plus direction)

2.5. Raspberry Pi



Gambar 2.5 Raspberry Pi 3

(Raspberrypi, 2016)

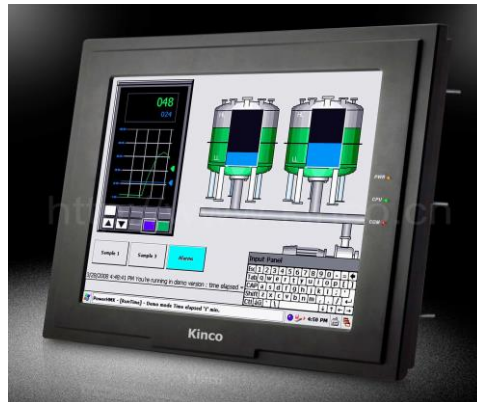
Raspberry pi disini berfungsi sebagai kontroler daripada gesture control. Raspberry pi dipilih karena kelebihanannya sebagai komputer mini yang memiliki usb port, yang digunakan untuk membaca dongle usb milik gesture control. Bahasa pemrograman python yang dapat berinteraksi dengan gesture control. Berikut spesifikasi daripada raspberry pi (Raspberrypi, 2016) :

- A 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU
- 802.11n Wireless LAN
- Bluetooth 4.1
- Bluetooth Low Energy (BLE)
- 1GB RAM
- 4 USB ports
- 40 GPIO pins
- Full HDMI port
- Ethernet port

- Combined 3.5mm audio jack and composite video
- Camera interface (CSI)
- Display interface (DSI)
- Micro SD card slot (now push-pull rather than push-push)
- VideoCore IV 3D graphics core

2.6. Human Machine Interface

Human machine control biasa digunakan pada mesin, sebagai media penghubung antara manusia dengan mesin. *Human Machine Interface* seperti pada gambar 2.6, merupakan sebuah aplikasi *software* yang memberikan informasi kepada operator atau pengguna tentang kemajuan dalam sebuah proses. *Human machine interface* adalah sebuah bagian dari SCADA (subnet, 2017).



Gambar 2.6 Contoh *Human Machine Interface*
(Kinco, 2015)

2.7. Myo Armband

Myo armband adalah sebuah alat yang merupakan gesture control yang diciptakan oleh Thalmic Labs. Menggunakan Myo armband, pengguna dapat berinteraksi dan mengontrol berbagai jenis *hardware* dengan menggunakan lengannya.



Gambar 2.7 Model *Myo Armband*
(Myoarmband, 2015)

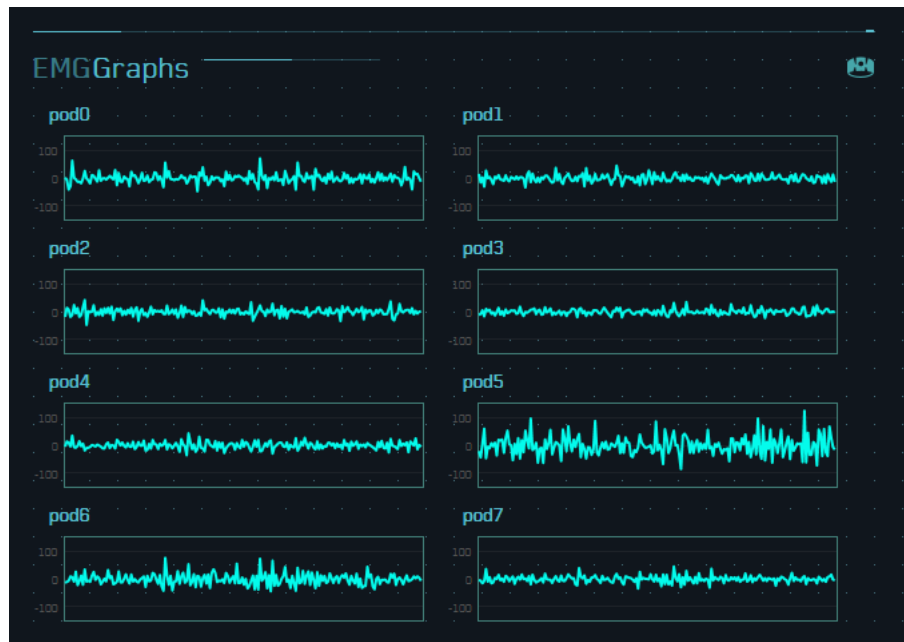
Berikut spesifikasi daripada Myo Armband (Myoarmband, 2015):

- Bluetooth 4.0 *low energy connection*
- *Electromyography (EMG) sensors*
- *ARM processor*
- *9-axis inertial measurement unit (IMU)*
- *rechargeable lithium-ion battery*
- *Micro USB charging*

Myo armband memiliki sensor *electromyograph* sebanyak 8 pod yang masing-masing memiliki fungsi membaca tegangan pada otot lengan manusia. Kemudian hasil data pembacaan tersebut akan diolah menjadi *command library* agar dapat dimanfaatkan menggunakan bahasa pemrograman *python*.



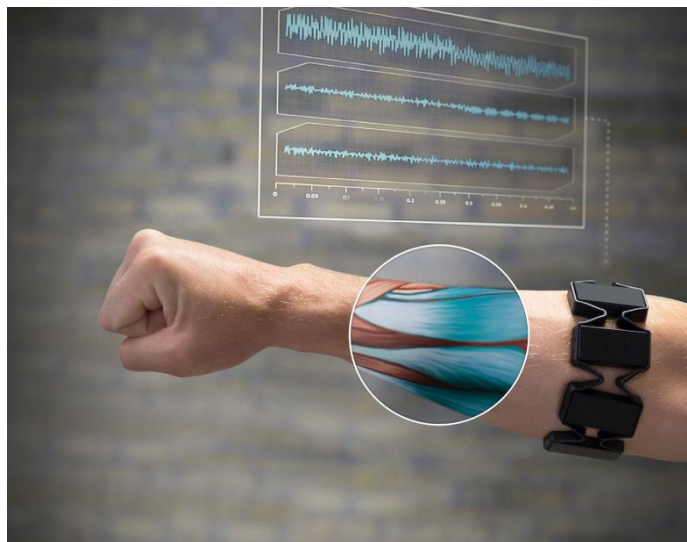
Gambar 2.8 Sensor *electromyograph* pada *Myo Armband*
(Myo, 2016)



Gambar 2.9 Grafik sensor *electromyograph*

2.8. Desain Interaksi

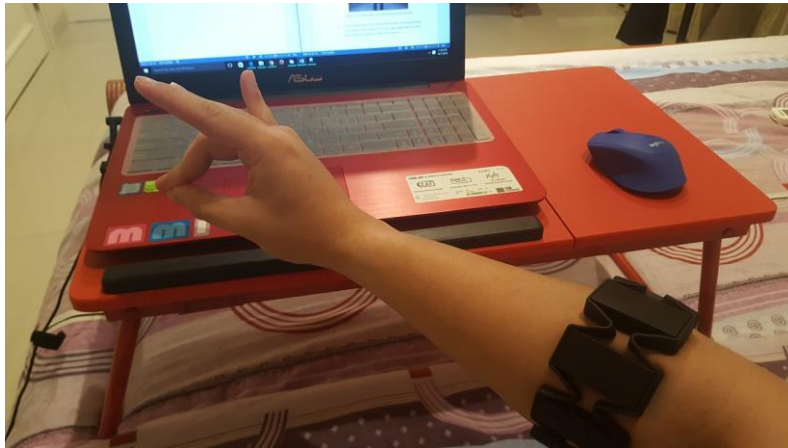
Desain interaksi dalam system ini adalah pengguna harus memasang gesture control pada lengan pengguna, namun pada posisi yang tepat.



Gambar 2.10 Contoh peletakan posisi *gesture control*

(Starr, 2016)

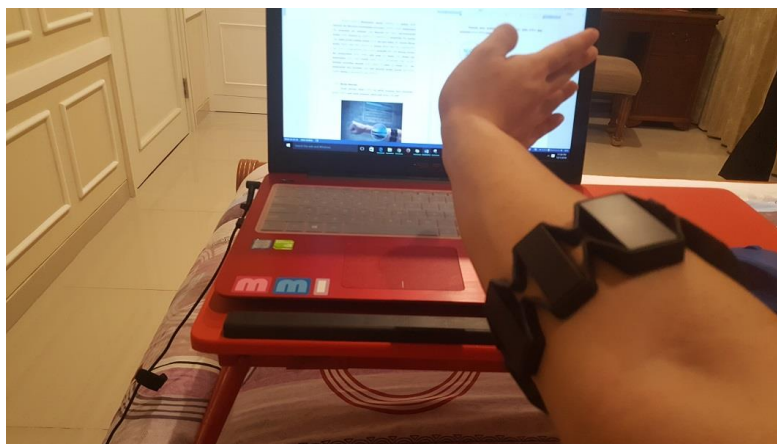
Pengguna harus melakukan gerakan double tap, maka python akan melakukan proses unlock terhadap gesture control.



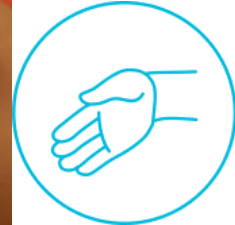
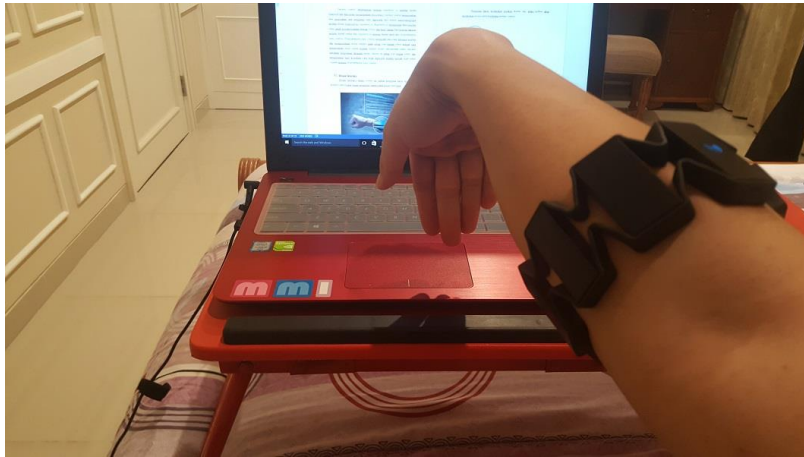
Gambar 2.11 Cara melakukan *double tap gesture*

Setelah *gesture control* berstatus *unlock*, maka *raspberry pi* akan memulai proses pengambilan data gerakan otot dari lengan pengguna. Berikut adalah macam-macam gerakan yang digunakan.

- Gerakan *wave left/wave down* seperti pada gambar 2.12, kemudian axis 1 robot akan bergerak ke arah kiri, sedangkan untuk axis 2, axis 3, dan axis 5 akan bergerak ke arah bawah.



Gambar 2.12 Cara melakukan *wave down & wave left gesture*



Gambar 2.12 Cara melakukan *wave down & wave left gesture* lanjutan

- Gerakan *wave right/ wave up* seperti pada gambar 2.14, kemudian axis 1 robot akan bergerak ke arah kanan, sedangkan untuk axis 2, axis 3, dan axis 5 akan bergerak ke arah atas.

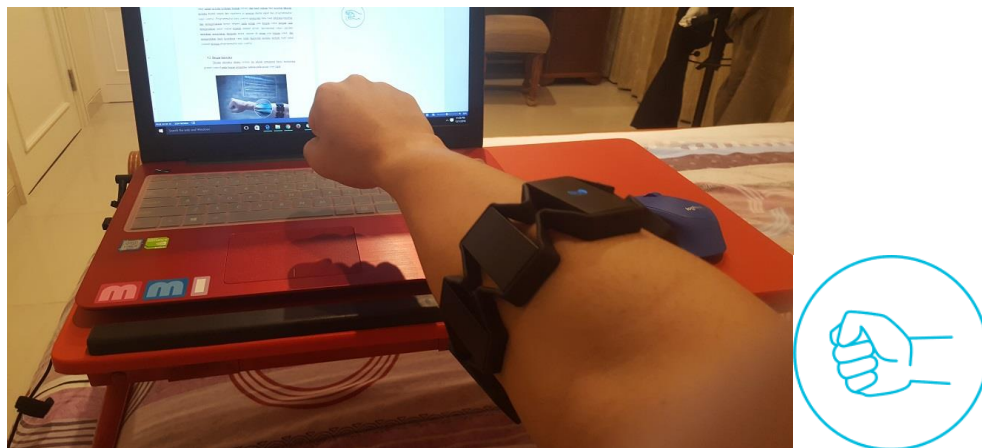


Gambar 2.13 Cara melakukan *wave up & wave right*



Gambar 2.13 Cara melakukan *wave up & wave right* lanjutan

- Gerakan *fist*/ mengepalkan telapak tangan seperti pada gambar 2.16, kemudian *output gripper* daripada lengan robot akan aktif.



Gambar 2.14 Cara melakukan *fist gesture*

- Gerakan *fingers spread* meyebarakan jemari seperti pada gambar 2.17, kemudian *output gripper* daripada lengan robot akan menjadi tidak aktif.



Gambar 2.15 Cara melakukan *fingers spread gesture*

2.9. Perbedaan Derajat Mechanical Pulley dengan Joint Lengan Robot

Pemasangan encoder pada mechanical pulley dengan pemasangan encoder pada joint daripada lengan robot akan menghasilkan pencapaian derajat pergerakan yang berbeda (Raak, 2015). Terdapat perbedaan pencapaian derajat pada mechanical pulley dengan pencapaian derajat pada lengan robot, disebabkan karena perbandingan diameter. Ilustrasi seperti pada gambar 2.20.



Gambar 2.16 *Mechanical Pulley*

(Raak, 2015)



Gambar 2.17 Diameter *joint* lengan robot *axis 1*

(Raak, 2015)



Gambar 2.18 Contoh perbandingan deameter pada *mechanical pulleys*

(Raak, 2015)

Berdasarkan ilustrasi pada gambar 2.20, jika perbandingan antara *pulley 1* dan *pulley 2* adalah 1:2. Jika pada *pulley 1* dihasilkan 360 derajat, maka *pulley 2* akan menghasilkan 180 derajat pergerakan. Sebaliknya jika pada *pulley 2* dihasilkan 360 derajat pergerakan, maka *pulley 1* akan menghasilkan 720 derajat pergerakan.

2.10. *Incremental Rotary Encoder*

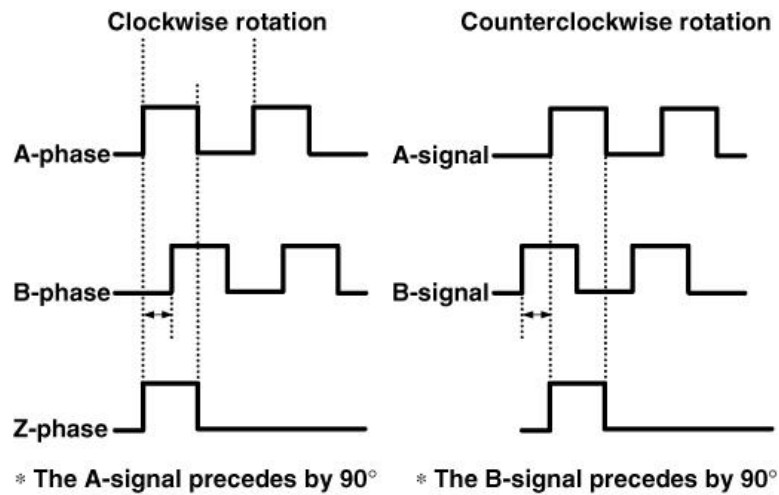
Incremental rotary encoder, gambar 2.18, berfungsi untuk menghitung derajat perputaran rotasi pada setiap joint lengan robot, namun *incremental rotary encoder* sendiri tidak dapat menyimpan posisi terakhir dari joint lengan robot jika terjadi *error* dan sistem dipaksa untuk non aktif (Wikipedia, 2016).



Gambar 2.19 Model *incremental rotary encoder*

(Wikipedia, 2016)

Incremental rotary encoder biasanya memiliki tiga buah sinyal keluaran, yaitu sinyal A, sinyal B, dan sinyal Z. Untuk sinyal A dan sinyal B, masing-masing sinyal keluaran tersebut saling *quadrature* yang berarti terjadi pergeseran fasa 90 derajat satu sama lain. Kedua sinyal tersebut selain memberikan nilai posisi *shaft* dari *encoder*, juga mampu menyediakan informasi mengenai arah putaran dari *shaft* misalnya berputar searah jarum jam atau berputar berlawanan arah jarum jam (Wikipedia, 2016).



Gambar 2.20 Diagram sinyal *incremental rotary encoder*

(Wikipedia, 2016)

Satuan perhitungan derajat dari *incremental rotary encoder* sendiri merupakan ppr, yaitu *pulse per revolution*/ pulsa per revolusi, dimana jika *incremental encoder* memiliki kemampuan sebesar 360 ppr, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$1 \text{ revolusi} = 360^\circ$$

Encoder 360 pulsa per revolusi

$$1 \text{ pulsa} = \frac{360}{360} = 1^\circ$$

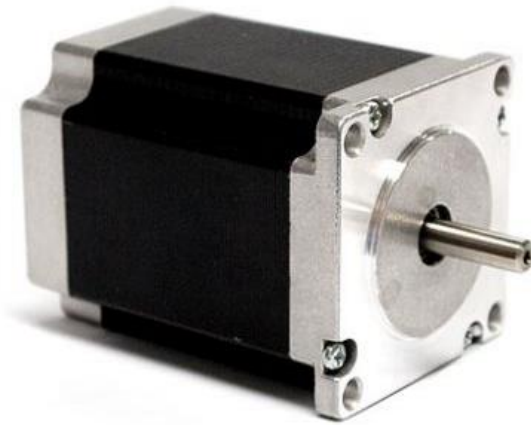
Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar jumlah pulsa per revolusi dari sebuah encoder maka akan semakin presisi perhitungan derajat pergerakan dari join lengan robot.

2.11. Motor Stepper

Motor *Stepper* seperti pada gambar 2.20, adalah salah satu jenis motor DC yang dikendalikan dengan pulsa-pulsa digital. Prinsip kerja motor *stepper* adalah dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit dimana motor

stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor *stepper* tersebut (Specialist, 2016).

Jenis-jenis motor *stepper* dibagi menjadi 2 yaitu berdasarkan struktur rotor & stator dan berdasarkan rangkaian pengendalinya. Berdasarkan struktur rotor & stator motor *stepper* dibagi menjadi 3 yaitu Motor *Stepper Variable Reluctance*, Motor *Stepper Permanent Magnet*, dan Motor *Stepper Hybrid*. Sedangkan berdasarkan rangkaian pengendalinya motor *stepper* dibagi menjadi 2 yaitu unipolar dan bipolar. Motor *stepper* memiliki *step angle* sebesar $1,8^{\circ}$ (Specialist, 2016).



Gambar 2.21 Model motor *stepper*

(Specialist, 2016)

2.12. Motor Stepper Driver

Motor stepper driver yang digunakan pada tugas akhir ini adalah tipe JK1545, seperti pada gambar 2.21, dimana spesifikasinya adalah sebagai berikut (steppercanada, 2014) :

- dc jenis input daya: 24V ~ 50VDC
- output saat ini: 1.3a-4.5a
- microstepping: 1 (1.8°) 1/2 1/4 1/8 1/16 1/32 1/64 1/128 1/256
1/5 1/10 1/25 1/50 1/125 1/250

- Protect bentuk: terlalu panas melindungi, mengunci setengah otomatis saat ini, kesalahan terhubung melindungi
- Dimensi: 118mm × 76mm × 33mm
- Berat: <350g.
- lingkungan kerja: Temperature-15~40 ° C Kelembaban <90.

Stepper driver ini dapat diperintah dengan output yang berjenis pulse and direction, dimana menerima dua jumlah pulsa, yang terdiri dari jumlah pulsa dari output kontroler dan pulsa pembanding yang menandakan motor tersebut bergerak searah jarum jam atau berlawanan jarum jam.



Gambar 2.22 Model *stepper motor driver* tipe JK1545

(stepercanada, 2014)

2.13. Lengan Robot

Robot lengan adalah lengan mekanik yang biasanya diprogram dan memiliki fungsi yang sama dengan lengan manusia. Robot lengan dapat terdiri dari robot lengan itu sendiri, atau menjadi bagian dari sebuah robot yang lebih kompleks (Wikipedia,

2014b). Robot lengan dapat digunakan untuk berbagai macam fungsi. Diantaranya adalah untuk membantu kegiatan di industri hingga untuk membantu manusia yang memiliki masalah dengan bagian tubuhnya, khususnya bagian lengan.

Robot lengan secara umum digerakkan oleh beberapa buah motor seperti pada gambar 2.22. Pada awalnya, robot lengan digerakkan menggunakan kontroler berupa tombol atau *remote*, namun seiring berjalannya waktu, penggunaan kontroler seperti tombol atau *remote* mulai ditinggalkan. Keterbatasan yang terdapat pada kontroler menjadi kendala yang cukup penting untuk diperhatikan.

Gerakan yang dilakukan oleh lengan manusia menghasilkan derajat kebebasan atau *Degree of Freedom* (DOF). Derajat kebebasan adalah sebuah angka yang menandakan perpindahan yang bebas dan atau rotasi yang menentukan orientasi pada suatu sistem (Wikipedia, 2014a). Semakin banyak DOF yang dimiliki oleh suatu sistem, maka jenis gerakan yang dapat dihasilkan juga semakin banyak pula.



Gambar 2.23 Model lengan robot industry
(Wikipedia, 2014b)

Jumlah DOF pada robot lengan dihitung berdasarkan jumlah sendi yang ada pada robot lengan itu sendiri. Sedangkan untuk DOF pada lengan manusia, terdiri dari sendi peluru, sendi engsel dan sendi pelana. Sendi peluru adalah sendi yang memungkinkan pergerakan ke segala arah. Sendi peluru terdapat pada hubungan antara

tulang lengan atas dan tulang belikat. Sendi engsel adalah sendi yang hanya dapat melakukan gerakan satu arah. Sendi engsel terdapat pada sendi siku antara tulang lengan atas dan tulang hasta. Sendi pelana adalah sendi yang memungkinkan beberapa gerakan rotasi, namun tidak ke segala arah. Sendi pelana terdapat pada hubungan antara tulang telapak tangan dan jari tangan (Wikipedia, 2014c).

Pada robot lengan, digunakan motor sebagai penggerak robot lengan itu sendiri. Motor pada robot lengan berperan sebagai sendi. Motor servo biasa digunakan sebagai penggerak robot lengan dikarenakan kemampuannya untuk digerakkan sesuai dengan *input* sudut yang diberikan.