

**KINEMATIKA DAN ANTARMUKA ROBOT SCARA BERBASIS  
PROCESSING IDE**

**LAPORAN KERJA PRAKTIK**



**Disusun oleh:**  
**IVAN SYAHRONI HERMAWAN**  
**17/415746/SV/13611**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI LISTRIK  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA  
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS GADJAH MADA  
YOGYAKARTA**

**2019**

# **HALAMAN PENGESAHAN**

## **KINEMATIKA DAN ANTARMUKA ROBOT SCARA BERBASIS PROCESSING IDE**

### **LAPORAN KERJA PRAKTIK**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Kelulusan Program Kerja Praktik Laboratorium

Instrumentasi dan Kendali

Pada Pada Program Studi Teknologi Listrik Departemen Teknik Elektro dan

Informatika

Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada

**Disusun oleh:**

**IVAN SYAHRONI HERMAWAN**  
**17/415746/SV/13611**

Telah disetujui dan disahkan

pada tanggal 2 Agustus 2019

Ketua Program Studi Teknologi Instrumentasi

Dosen Pembimbing

**Ma'un Budiyanto, S.T., M.T.**  
**NIP. 197007071999031002**

**Fahmizal, S.T., M.Sc.**  
**NIP. 111198807201609101**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena hanya dengan rahmat dan hidayah-Nya, Laporan Kerja Praktik ini dapat diselesaikan tanpa halangan yang berarti. Keberhasilan dalam menyusun Laporan Kerja Praktik ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang mana dengan tulus dan ikhlas memberikan masukan guna sempurnanya laporan kerja praktik ini. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ma'un Budiyanto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Listrik Universitas Gadjah Mada,
2. Bapak Fahmizal, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan banyak bantuan, bimbingan, serta arahan dalam Kerja Praktik,
3. Seluruh Dosen di Teknologi Listrik Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada, yang tidak bisa disebutkan satu-satu, atas ilmu dan bimbingannya,
4. Ibu dan Bapak yang selama ini telah sabar membimbing, mengarahkan, dan mendoakan penulis tanpa kenal lelah untuk selama-lamanya, dan

Penulis menyadari bahwa penyusunan Kerja Praktik ini jauh dari sempurna. Kritik dan saran dapat ditujukan langsung pada e-mail saya. Akhir kata penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila terdapat kekeliruan di dalam penulisan Kerja Praktik ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 2 Agustus 2019

**Penulis**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>vii</b>
<b>Intisari</b>	<b>viii</b>
<i>Abstract</i>	<b>ix</b>
<b>I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah . . . . .	1
1.2 Tujuan Penelitian . . . . .	2
1.2.1 Secara Umum . . . . .	2
1.2.2 Tujuan Khusus . . . . .	2
1.3 Batasan Penelitian . . . . .	2
1.4 Metode Kerja Praktik . . . . .	3
1.5 Sistematika Penulisan . . . . .	5
<b>II LANDASAN TEORI</b>	<b>6</b>
2.1 Gambaran Umum Robot Lengan . . . . .	6
2.1.1 <i>Degree of Freedom</i> . . . . .	7
2.1.2 Konfigurasi Robot Lengan . . . . .	7
2.1.3 Wrist dan End-effector . . . . .	10
2.2 Kinematika . . . . .	11
2.2.1 Kinematika Maju . . . . .	11
2.2.2 Kinematika Balik . . . . .	12
2.3 Motor DC . . . . .	12
2.4 Regulator . . . . .	14
2.5 Arduino . . . . .	14
2.6 Driver Motor H . . . . .	16

2.7	Processing Integrated Development Environment (IDE) . . . . .	17
2.7.1	Syntax dalam Processing IDE . . . . .	18
2.7.2	Library untuk Processing IDE . . . . .	21
<b>III</b>	<b>PERANCANGAN SISTEM</b>	<b>22</b>
3.1	Metode Perancangan sistem . . . . .	22
3.1.1	Diagram Blok Perancangan Sistem . . . . .	22
3.1.2	Flowchart Cara Kerja Sistem . . . . .	22
3.1.3	Perancangan Elektronis . . . . .	24
3.2	Motor servo . . . . .	26
3.2.1	Perancangan Elektronis . . . . .	27
3.2.2	Pemrograman Kontroller & Implementasi PID . . . . .	27
3.2.3	Perancangan Antar Muka & Implementasi <i>Invers Kinematic</i> . . . . .	27
<b>IV</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>28</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>29</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Arduino Mega 2560 . . . . .	16
Tabel 2.2	Pin Driver Motor EMS 30A H-Bridge . . . . .	17
Tabel 2.3	Syntax Shape . . . . .	19
Tabel 2.4	Syntax Transformasi . . . . .	19
Tabel 2.5	Syntax Koordinat Mouse . . . . .	20
Tabel 3.1	Spesifikasi Robot Serpent-2 . . . . .	26
Tabel 3.2	Spesifikasi Motor DC pada robot Serpent-1 . . . . .	26

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	<i>Flowchart</i> Prosedur Penelitian . . . . .	4
Gambar 2.1	Jenis-Jenis <i>Joint</i> . . . . .	6
Gambar 2.2	Struktur dari Konfigurasi Articulated . . . . .	8
Gambar 2.3	Struktur dari <i>Spherical</i> . . . . .	8
Gambar 2.4	Struktur dari Konfigurasi <i>SCARA</i> . . . . .	9
Gambar 2.5	Struktur dari Konfigurasi <i>Cylindrical</i> . . . . .	9
Gambar 2.6	Struktur dari Konfigurasi <i>Cartesian</i> . . . . .	10
Gambar 2.7	Struktur dari <i>Joint Spherical Wrist</i> . . . . .	10
Gambar 2.8	Blok Diagram Kinematika Balik . . . . .	11
Gambar 2.9	Kinematika Maju . . . . .	11
Gambar 2.10	Kinematika Balik . . . . .	12
Gambar 2.11	Jenis-Jenis <i>Joint</i> . . . . .	13
Gambar 2.12	Prinsip Kerja Motor DC . . . . .	13
Gambar 2.13	Jenis-Jenis <i>Joint</i> . . . . .	14
Gambar 2.14	Arduino Mega 2560 . . . . .	15
Gambar 2.15	Driver Motor EMS 30A H-Bridge . . . . .	16
Gambar 2.16	Processing IDE . . . . .	18
Gambar 2.17	Toolbar Sketch . . . . .	21
Gambar 3.1	Diagram metode perancangan sistem. . . . .	22
Gambar 3.2	Flowchat cara kerja sistem. . . . .	23
Gambar 3.3	Pengendali Motor DC EMS 30A H-Bridge . . . . .	24
Gambar 3.4	Mekanisme pemasangan potensiometer pada motor . . . . .	24
Gambar 3.5	Relay pneumatik . . . . .	25
Gambar 3.6	Pneumatik Silinder . . . . .	25
Gambar 3.7	Rangkaian skematik TIP31 sebagai <i>switch</i> . . . . .	25
Gambar 3.8	Skematik rangkaian elektronis keseluruhan . . . . .	25

## **Intisari**

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengoperasian terhadap robot SCARA. SCARA merupakan akronim untuk Selective Compliance Assembly Robot Arm dimana robot ini dapat bergerak dalam dua aksis, yaitu horisontal dan vertikal. Pergerakan Robot ini menggunakan kedua lengan untuk pergerakan horisontal dan satu lengan untuk pergerakan vertikal. Robot SCARA ini dioperasikan dengan bantuan antarmuka yang dibuat dari Processing yang dibuat menggunakan program bahasa c. Antarmuka yang ditampilkan menunjukkan pengoperasian robot SCARA mulai dari kinematika maju dan kinematika balik.

Kata kunci : SCARA, Processing, Kendali, inverse kinematic, Forward Kinematics.



## *Abstract*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi serta ilmu pengetahuan pada masa ke masa semakin berkembang. Perkembangan ini berjalan seiring dengan penelitian-penelitian di berbagai disiplin ilmu khususnya dalam bidang instrumentasi dan kendali. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya penggunaan sistem instrumentasi dan kendali dalam dunia industri seperti penggunaan robot dalam menyelesaikan pekerjaan manusia. Untuk itu perancangan robot merupakan salah satu solusi untuk memenuhi tuntutan dalam membantu kebutuhan manusia.

Pemilihan robot untuk menggantikan pekerjaan manusia tidak terlepas dengan berbagai kelebihanannya. Sebuah robot dapat melakukan suatu pekerjaan yang sama dan berulang tanpa merasakan lelah seperti halnya manusia. Pekerjaan ini lah yang biasa ditemukan dalam bidang industri khususnya pada bagian produksi. Robot dengan sistem lengan robot (*robot arm sistem*) merupakan salah satu jenis robot yang dominan berada dalam bidang industri.

Robot lengan memiliki berbagai jenis, salah satunya adalah robot SCARA (*Selective Compilance Assembly Robot Arm*). Robot SCARA dapat bergerak secara optimal dan efisien karena sebuah persamaan kinematika. Persamaan kinematika yang digunakan adalah *inverse kinematic* dengan masukan berupa titik koordinat kartesius  $(x_1, y_2)$  dan keluaran berupa nilai sudut untuk mengendalikan motor servo pada *shoulder* dan *elbow*.

Dalam mengendalikan sebuah robot, dibutuhkan *platform* antar muka sebagai jembatan antara *user* dengan *hardware*. Dalam penelitian ini program antar muka dirancang menggunakan *software* Processing IDE. Software Processing IDE memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya lebih efektif dan cukup mudah untuk digunakan sebagai *platform* antar muka. Keunggulan tersebut salah satunya mudahnya sarana komunikasi terhadap *hardware* yang digunakan. Oleh Karena itu, pada program kerja praktik ini dilakukan analisis kinematika robot SCARA dengan perancangan antar muka berbasis Processing IDE.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam melaksanakan penelitian "Kinematika dan Antarmuka Robot SCARA Berbasis Processing IDE" adalah sebagai berikut:

### 1.2.1 Secara Umum

1. Merancang *arm manipulator robot SCARA* berbasis Arduino Mega 2560
2. Memahami dan mengimplementasikan antarmuka Processing Integrated Development Environment (IDE).
3. Mengimplementasikan kinematika pada *arm manipulator robot SCARA*.

### 1.2.2 Tujuan Khusus

Untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam menempuh pendidikan Program Diploma III Teknologi Listrik, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada.

## 1.3 Batasan Penelitian

Pembatasan masalah diperlukan untuk mempermudah pelaksanaan penulisan laporan kerja praktik sehingga tidak menyimpang dari judul laporan. Lingkup pembatasan masalah dalam Laporan kerja praktik ini dibatasi pada:

1. Akurasi dari robot lengan dipengaruhi oleh spesifikasi dan torsi dari masing-masing motor DC pada *joint*
2. Rancangan mekanik yang sudah tersusun dari awal sehingga tidak dapat diubah lagi
3. Motor DC pada setiap sendi dari *joint* robot memiliki kebutuhan arus yang berbeda – beda.
4. Komunikasi antara Processing IDE dan perangkat menggunakan komunikasi serial.

## 1.4 Metode Kerja Praktik

Metodologi adalah suatu cara yang digunakan untuk memperoleh data yang akurat, baik melalui observasi lapangan maupun dari *datasheet* setiap alat yang digunakan. Observasi juga dilakukan dengan meninjau jurnal-jurnal dan konsultasi mengenai penelitian yang dilakukan. Pada bagian ini akan dijelaskan meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan penelitian, rancangan alat, metode penelitian dan prosedur penelitian. Penjelasan lebih rinci tentang metodologi penelitian akan dijelaskan sebagai berikut:

### 1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Labolatorium Instrumentasi dan Kendali Diploma Teknik Elektro Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada pada bulan Juli sampai bulan Agustus 20189.

### 2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam Kerja Praktik adalah personal komputer, AC-to-DC Converter 12V, multimeter, Arduino Mega 2560, modul DC-to-DC Converter LM2596, IC TIP 31, Relay Pneumatik, Driver Motor EMS 30A dan catu daya. Sedangkan bahan yang digunakan adalah Motor Servo yang terpasang di setiap *joint* robot lengan.

### 3. Pengumpulan Data

Studi pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan buku-buku, dokumen, serta jurnal-jurnal berbentuk *e-book* yang berkaitan dengan robot lengan. Selain itu, *datasheet* dari setiap komponen juga ditinjau. Data-data tersebut menjadi referensi untuk merancang, membuat dan menguji alat.

Konsultasi dilakukan untuk mengumpulkan data melalui tanya jawab atau berdiskusi dengan pihak yang mengetahui dan menguasai segala permasalahan yang dihadapi dalam merancang, membuat, dan menguji robot lengan SCARA. Dalam metode ini penulis berdiskusi dengan dosen pembimbing kerja praktik.

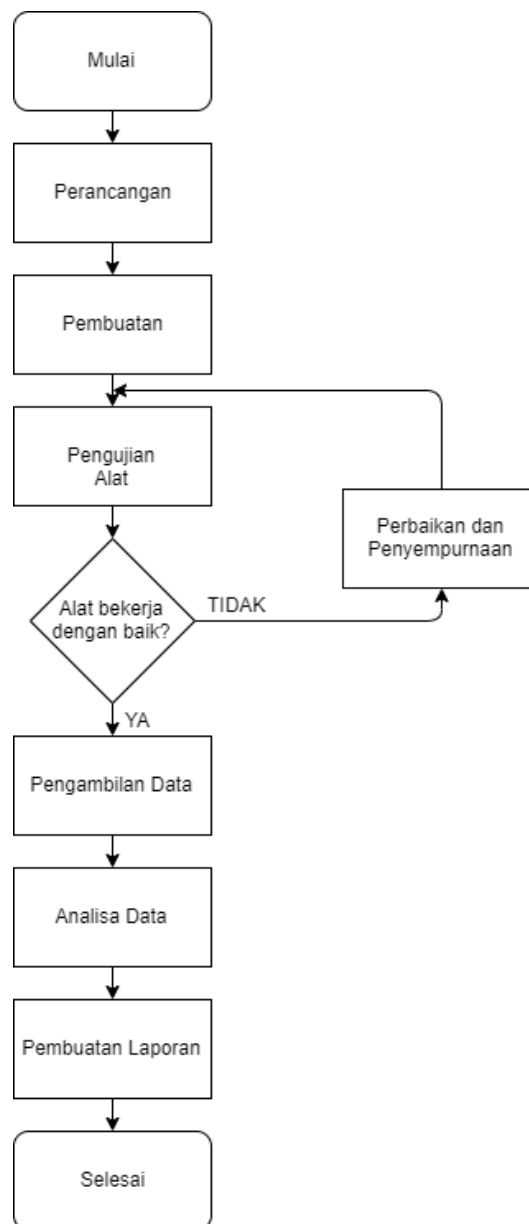
### 4. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan meliputi: Pengujian keluaran tegangan catu daya, pengujian kinerja motor DC, pengujian konfigurasi driver motor H – Bridge, pengujian *Graphical User Interface* (GUI) pada Processing IDE, pe-

ngujian perhitungan kinematika balik, pengujian kinematika maju, serta pengambilan data dan analisa data.

## 5. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah langkah-langkah dalam menyelesaikan kerja praktik yang akan disajikan dalam bentuk diagram alir. Berikut adalah gambar diagram alir prosedur penelitian yang disajikan pada Gambar 1.1.



**Gambar 1.1:** Flowchart Prosedur Penelitian

## 1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan kerja praktik ini dilakukan dengan mengikuti sistematika sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Merupakan pendahuluan dari laporan kerja praktik yang menjelaskan latar belakang, tujuan , batasan masalah dan metodologi penyusunan laporan proyek akhir

### **BAB II : LANDASAN TEORI**

Memuat gambaran umum robot lengan, lingkup kerja (*workspace*), konfigurasi robot lengan, perhitungan kinematika maju dan kinematika balik, pengertian dan prinsip kerja Processing IDE sebagai antarmuka robot lengan, dan prinsip kerja setiap piranti yang digunakan dalam pembuatan robot lengan,

### **BAB III : PERANCANGAN SISTEM**

Memuat perancangan sistem secara umum, perancangan perangkat keras berupa elektronis dari robot lengan, perancangan perangkat lunak berupa pengolahan Graphical User Interface (GUI) menggunakan Processing IDE, sistem kinematika balik untuk robot lengan, dan integrasi keseluruhan program.

### **BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISA KERJA SISTEM**

Memuat pengujian dan analisis kerja motor servo yang berfungsi sebagai *joint* dari robot lengan, pengujian umpan balik melalui GUI Processing IDE serta pengujian sistem secara menyeluruh.

### **BAB V : PENUTUP**

Memuat tentang kesimpulan dari perancangan , pengujian dan analisis dari sistem kerja robot, serta berisi saran – saran untuk mengembangkan penelitian kerja praktik *arm manipulator robot SCARA* lebih lanjut.

## BAB II

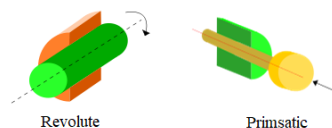
### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Gambaran Umum Robot Lengan

Robot adalah sebuah alat yang terdiri dari gabungan mekanik dan elektronik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kendali manusia maupun secara otomatis. Robot dapat melakukan suatu tugas secara berulang tanpa merasa lelah sehingga robot banyak digunakan dalam dunia industri khususnya pada bidang produksi. Salah satu jenis robot yang sering dalam bidang produksi adalah sistem lengan robot.

Robot lengan adalah robot yang memiliki bentuk fisik seperti halnya lengan pada manusia dan memiliki derajat kebebasan (degree of freedom) tertentu bergantung pada jumlah sendi yang digunakan. Dengan begitu robot lengan terdiri dari beberapa jenis. Robot lengan pada bidang industri biasa digunakan sebagai actuator untuk mengambil dan meletakkan suatu objek secara terus menerus.

Pada umumnya struktur robot lengan terdiri dari beberapa bagian. Bagian utama adalah struktur mekanik (manipulator) yang merupakan susunan kerangka yang tidak dapat digerakkan (rigid) dan lengan (link) yang satu sama lain terhubung oleh sendi (joint). Dengan adanya joint yang menghubungkan dua link menjadi satu kesatuan sehingga joint membentuk satu derajat kebebasan. Jika diibaratkan dengan tubuh manusia, link adalah tulang sedangkan joint adalah sendi-sendinya. Joint memiliki dua pergerakan, yaitu pergerakan revolute joint (gerak berputar) dan prismatic joint (gerak bergeser) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.1



**Gambar 2.1:** Jenis-Jenis Joint

Pada ujung pangkal lengan, robot lengan umumnya menggunakan gripper yang dapat dipakai untuk memindahkan suatu objek. Robot lengan dalam menjalankan tugasnya dikontrol menggunakan sensor serta aktuator yang telah dirancang untuk melakukan tugas sesuai dari yang diperintahkan. Perpaduan antara sensor dan aktuator ini yang menyebabkan robot lengan dapat bekerja secara optimal dan presisi.

### 2.1.1 *Degree of Freedom*

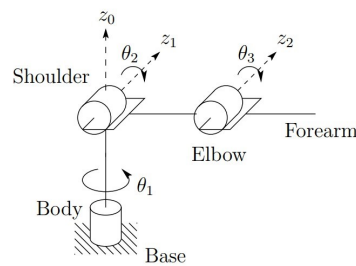
Degree of freedom (DOF) merupakan sebuah konfigurasi yang dapat meminimalkan spesifikasi dengan menggunakan  $n$  parameter yang dapat menyatakan posisi suatu system pada setiap saat. Biasanya, robot lengan mempunyai paling sedikit enam independen derajat kebebasan: tiga derajat kebebasan untuk translasi dan tiga derajat kebebasan untuk rotasi. Umumnya untuk robot lengan paling tidak memiliki tiga derajat kebebasan untuk dapat memiliki workspace yang cukup. Workspace dari sebuah robot lengan merupakan total volume yang dapat dijangkau oleh end effector dari pergerakan semua jointnya dari titik minimum hingga maksimum.

### 2.1.2 **Konfigurasi Robot Lengan**

Pada dasarnya, berbagai jenis dari robot lengan dapat dibedakan dari konfigurasinya. konfigurasi robot lengan merupakan perpaduan antara pergerakan joint yang dimiliki oleh robot lengan. konfigurasi ini memiliki tipe yang berbeda-beda sehingga workspace yang dimiliki pada tiap robot lengan pasti berbeda.

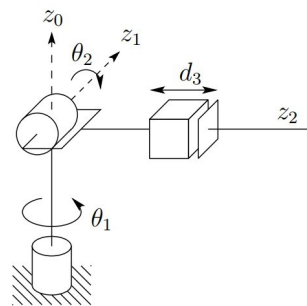
**A. Konfigurasi Articulated (Revolute - Revolute - Revolute)** Articulated manipulator ini pada dasarnya mempunyai jenis revolute joint pada ketiga joint robot lengan (*wrist, shoulder, elbow*). Dengan konfigurasi ini, robot lengan dengan konfigurasi Articulated dapat memiliki variasi DOF yang banyak. DOF yang dapat dihasilkan dengan robot lengan dengan konfigurasi seperti ini adalah tiga DOF hingga sampai dengan enam DOF tergantung dari kebutuhan dan fungsi yang akan dilakukan oleh robot lengan. Konfigurasi dari joint revolute ini menjadikan robot lengan jenis ini mempunyai kebebasan yang besar dari pergerakannya dalam ruang yang kecil sehingga menjadikan jenis konfigurasi articulated manipulator ini banyak dipakai dan memiliki desain yang populer. Konfigurasi Articulated ini dapat dianalisis seperti yang ada pada Gambar 2. 2.





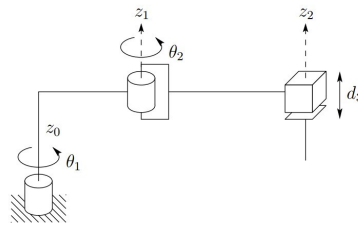
**Gambar 2.2:** Struktur dari Konfigurasi Articulated

**B. Konfigurasi Spherical (Revolute – Revolute – Prismatic) )** Konfigurasi spherical merupakan konfigurasi yang mempunyai dua buah joint revolute dan satu buah joint prismatic. Joint prismatic berada ini joint ketiga atau pada bagian elbow. Sementara dua joint lainnya berada di shoulder dan waist. Struktur dari konfigurasi Spherical seperti pada Gambar 2.3



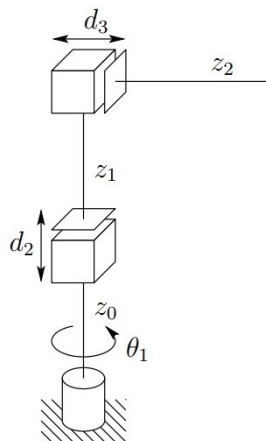
**Gambar 2.3:** Struktur dari Spherical

**C. Konfigurasi SCARA (Revolute – Revolute – Prismatic)** Konfigurasi Selective Compliant Articulated Robot for Assembly (SCARA) merupakan konfigurasi yang mempunyai dua buah joint revolute dan satu buah joint prismatic sama seperti konfigurasi Spherical. Meskipun SCARA memiliki struktur joint revolute – revolute – prismatic (RRP) sama seperti konfigurasi yang dimiliki spherical, struktur ini sedikit berbeda dengan konfigurasi spherical dari tampilannya maupun dari jarak workspace nya. Tidak seperti konfigurasi spherical, dimana  $z_0$  tegak lurus terhadap  $z_1$ , dan  $z_1$  tegak lurus dengan  $z_2$ , konfigurasi SCARA memiliki struktur  $z_0$ ,  $z_1$ , dan  $z_2$  yang paralel. Struktur dari konfigurasi SCARA seperti yang ditunjukkan Gambar 2.4



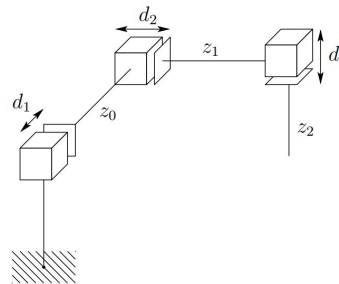
**Gambar 2.4:** Struktur dari Konfigurasi SCARA

**D. Konfigurasi Cylindrical (Revolute – Prismatic – Prismatic)** Konfigurasi Cylindrical merupakan konfigurasi yang mempunyai satu buah joint revolute dan dua buah joint prismatic. Joint revolute menghasilkan pergerakan rotasi di base/ waist, sementara joint prismatic berada di bagian shoulder dan elbow. Struktur dari konfigurasi Cylindrical seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.5



**Gambar 2.5:** Struktur dari Konfigurasi Cylindrical

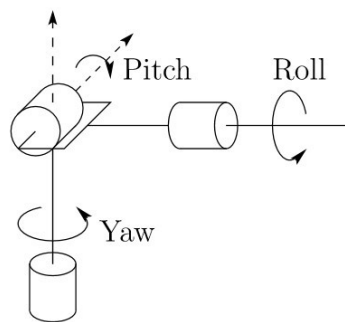
**E. Konfigurasi Cartesian (Prismatic – Prismatic – Prismatic)** Konfigurasi cartesian mempunyai tiga buah joint prismatic. Variabel joint dari konfigurasi prismatic adalah koordinat cartesian dari end-effector dengan memperhatikan letak base dari robot lengan. Seperti yang diperkirakan kinematika dari jenis konfigurasi ini adalah yang paling sederhana dari semua konfigurasi robot lengan. Konfigurasi cartesian sangat berguna untuk penyusunan suatu barang di bidang datar seperti mesin laser, kargo atau memindahkan barang. Struktur dari konfigurasi Cartesian ditunjukkan pada Gambar 2.6



**Gambar 2.6:** Struktur dari Konfigurasi Cartesian

### 2.1.3 Wrist dan End-effector

Wrist atau pergelangan tangan merupakan joint diantara lengan dan end-effector. Joint wrist ini pada umumnya terdapat joint revolute . Hal ini umum digunakan pada desain manipulator lengan dengan konfigurasi spherical. Konfigurasi spherical mempunyai joint revolute yang saling berpotongan diantara ketiganya, maksudnya setiap joint berputar sesuai koordinat x, y dan z. rotasi atau perputaran dengan axis sumbu x adalah roll, perputaran dengan axis sumbu y adalah pitch dan perputaran dengan axis sumbu z adalah yaw. Joint spherical wrist ini dijelaskan pada Gambar 2. 7.



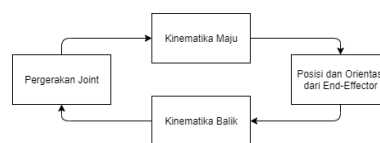
**Gambar 2.7:** Struktur dari Joint Spehrical Wrist

End-effector merupakan perangkat atau alat yang terhubung dengan ujung lengan robot. End-effector adalah bagian robot yang berhubungan langsung dengan objek. Struktur, pergerakan, material dari end-effector bergantung pada tugas yang akan dilakukan robot tersebut. Stuktur dan bentuk dari end-effector seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8

## 2.2 Kinematika

Kinematika merupakan pembelajaran pergerakan tubuh tanpa memperhitungkan gaya, torsi maupun momen tertentu yang menyebabkan pergerakan. Terdapat berbagai jenis pergerakan dari kinematika tergantung dari tujuan dari setiap robot. Kinematika yang akan dijelaskan disini adalah kinematika yang khusus mempelajari dan menganalisa pergerakan lengan robot lengan.

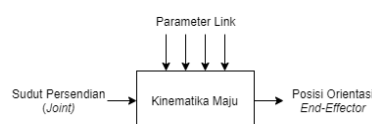
Pada kinematika robot, terdapat dua buah pembahasan kinematika. Pembahasan pertama adalah kinematika maju merupakan proses menghitung orientasi dan posisi dari end-effector berdasarkan sudut-sudut dari joint. Sedangkan kinematika balik sebaliknya dari kinematika maju, diberikan posisi end-effector, dimana yang akan dicari adalah besaran sudut yang harus diubah untuk tiap joint dalam mencapai posisi end-effector tersebut. Diagram blok sederhana dari pemodelan kinematika ditunjukkan pada Gambar 2.9



**Gambar 2.8:** Blok Diagram Kinematika Balik

### 2.2.1 Kinematika Maju

Kinematika maju atau biasa disebut forward kinematics merupakan kinematik untuk mendapatkan hasil akhir berupa koordinat posisi ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) dengan diketahuinya variabel sudut pada setiap joint dari lengan robot. Variabel sudut tersebut kemudian dilakukan perhitungan satu sama lain hingga pada akhirnya akan mendapatkan koordinat  $x$ , koordinat  $y$ , dan koordinat  $z$ . Proses dari kinematika maju dapat ditunjukkan pada Gambar 2.10

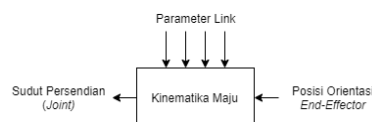


**Gambar 2.9:** Kinematika Maju

### 2.2.2 Kinematika Balik

Kinematika Balik Kinematika balik (inverse kinematics) digunakan untuk mencari variabel sudut (joint) robot dalam menentukan posisi dan orientasi dari end-effector. Dalam menentukan koordinat end-effector, kinematika balik mengacu pada penggunaan persamaan kinematika robot untuk menentukan parameter bersama yang memberikan posisi yang diinginkan pada posisi akhir atau end-effector. Kinematika balik mengubah rencana gerak menjadi nilai yang harus diberikan bagi aktuator atau penggerak dalam pergerakan robot. Dalam pergerakannya, robot dimodelkan dalam bentuk persamaan kinematika. Persamaan ini menentukan konfigurasi robot dalam hal parameter untuk setiap aktuator. Kinematika maju menggunakan parameter untuk menghitung konfigurasi robot, dan kinematika balik membalikkan perhitungan ini untuk menentukan parameter bersama dalam mencapai konfigurasi yang diinginkan.

Secara garis besar metode kinematika balik akan mencari nilai-nilai parameter yang harus diberikan kepada setiap aktuator untuk mencapai tujuan akhir. Untuk mendapatkan nilai-nilai parameter tersebut, robot harus mengetahui terlebih dahulu manipulator yang dimilikinya, baik ukuran maupun jumlah aktuator serta derajat kebebasan yang ada. Kemudian, robot harus ditanamkan rumus-rumus yang didapat dari berbagai model perhitungan, baik dari segi analisa grafik langsung maupun menggunakan metode-metode dari berbagai penelitian. Proses dari kinematika balik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1

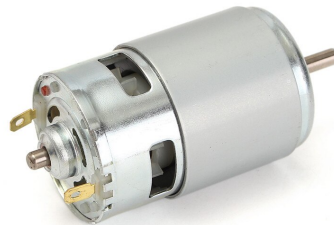


**Gambar 2.10:** Kinematika Balik

## 2.3 Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Motor DC mempunyai dua bagian utama, yaitu stator dan rotor. Stator merupakan bagian yang tidak berputar dan rotor merupakan bagian yang berputar dan merupakan kumparan jangkar. Motor DC menghasilkan jumlah putaran dalam setiap satuan waktu yang biasanya dihitung setiap satuan menit (rotations per minute) dan dapat diatur arah putarannya searah jarum jam (clock wise) atau berkebalikan dengan arah jarum jam

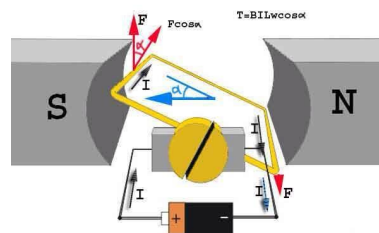
(counter clock wise) bergantung dengan kutub atau polaritas dari catu daya yang diberikan pada motor DC. Bentuk dari motor DC dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1



**Gambar 2.11:** Jenis-Jenis Joint

Motor DC dapat bergerak karena adanya elektromagnet. Saat kumparan diberi arus listrik, permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menghadap ke magnet yang berkutub selatan dan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak menghadap ke utara magnet. Saat ini, karena kedua kutub saling menyebabkan pergerakan kumparan berhenti. Untuk menggerakkannya lagi, tepat pada saat kutub kumparan berhadapan dengan kutub magnet, arah arus pada kumparan dibalik. Dengan demikian, kutub utara kumparan akan berubah menjadi kutub selatan dan kutub selatannya akan berubah menjadi kutub utara.

Pada saat perubahan kutub tersebut terjadi, kutub selatan kumparan akan berhadapan dengan kutub selatan magnet dan kutub utara kumparan akan berhadapan dengan kutub utara magnet. Karena kutubnya sama, maka akan terjadi tolak menolak sehingga kumparan bergerak memutar hingga utara kumparan berhadapan dengan selatan magnet dan selatan kumparan berhadapan dengan utara magnet. Siklus ini akan berulang-ulang hingga arus listrik pada kumparan diputuskan. Prinsip kerja motor DC dijelaskan pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.12:** Prinsip Kerja Motor DC

## 2.4 Regulator

Dalam suatu rangkaian elektronika dibutuhkan suatu sumber stabil dan sesuai dengan nilai yang dibutuhkan oleh komponen. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut digunakanlah sebuah rangkaian regulator. Rangkaian regulator berfungsi untuk mengatur atau menghasilkan nilai tegangan pada nilai tertentu dari suatu tegangan masukan. Regulator dapat mempertahankan nilai tegangan yang keluar tanpa dipengaruhi besar arus yang dikeluarkannya. Regulator tegangan mempunyai banyak jenisnya, salah satunya adalah regulator switching.

Regulator switching mengatur besarnya nilai tegangan keluaran dengan men-saklar (ON/OFF) tegangan masukan dengan frekuensi berbeda – beda. Kelebihan dari regulator switching adalah mempunyai disipasi daya yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan regulator linear. Sedangkan kekurangan yaitu tegangan keluarannya akan berbentuk gelombang akibat adanya proses switching. Oleh karena itu, regulator jenis ini umumnya membutuhkan induktor, kapasitor, dan dioda untuk memperhalus tegangan keluaran. Regulator switching ada dua jenis yaitu regulator Buck dan regulator Boost. Regulator Buck untuk menghasilkan nilai tegangan keluaran yang lebih kecil dari tegangan masukannya. Sedangkan Regulator Boost untuk menghasilkan nilai tegangan yang lebih besar dari tegangan masukannya. Salah satu jenis dari regulator Buck adalah LM2596. Bentuk fisik dari regulator Buck seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2



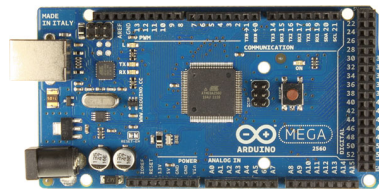
**Gambar 2.13:** Jenis-Jenis Joint

## 2.5 Arduino

Arduino merupakan papan pengembangan dari mikrokontroler yang menggunakan basis Arduino serta menggunakan microchip At 2560. Arduino memiliki pin input dan output dengan jumlah yang cukup banyak, yaitu sejumlah 54 buah pin input dan output yang 15 diantaranya merupakan pin pulse with modulation (PWM), 16 diantaranya merupakan pin analog input, dan terdapat empat pin yang digunakan

sebagai UART (serial port hardware). Arduino ini sudah dilengkapi dengan oscillator sebesar 16Mhz, sebuah port usb, power jack DC, ICSP header serta tombol reset [17]. Gambar 2.13 Merupakan bentuk fisik Arduino .

Arduino merupakan papan pengembangan dari mikrokontroler yang menggunakan basis Arduino serta menggunakan microchip At 2560. Arduino memiliki beberapa jenis, salah satunya adalah Arduino Mega 2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 buah pin masukan atau keluaran yang 15 diantaranya dapat dijadikan menjadi pin pulse with modulation (PWM), 16 pin masukan analog, dan terdapat empat pin yang digunakan sebagai UART (serial port hardware). 16 MHz kristal osilator, koneksi-nya menggunakan USB, mempunyai jack power, dan tombol reset. Bentuk fisik dari Arduino Mega 2560 ditunjukkan pada Gambar 2.5



**Gambar 2.14:** Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 memuat semua yang dibutuhkan untuk mendukung kerja dari sebuah mikrokontroler. Arduino Mega 2560 dapat dengan mudah dioperasikan untuk pengaplikasian ke sebuah sistem kerja karena dapat dihubungkan dengan kabel USB sebagai komunikasinya. Untuk powernya, Arduino Mega 2560 dapat dihidupkan melalui jack DC yang dipunyainya dengan diberi tegangan DC, dapat dengan adapter DC atau baterai dengan nilai tegangan sesuai dengan spesifikasi pada Arduino. Spesifikasi Arduino Mega 2560 ditunjukkan pada Tabel 2.4



**Tabel 2.1:** Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	Atmega2560
Tegangan operasional	5 V
Tegangan masukan	5-12 V
Pin digital I/O	54 (15 pin untuk keluaran PWM)
Pin analog masukan	16
Arus DC per Pin I/O	20 mA
Arus DC untuk Pin 3.3 V	50 mA
Memori flash	256 KB
Kecepatan clock	16 MHz
Dimensi	101.52 x 53.3 mm

## 2.6 Driver Motor H

Driver Motor berfungsi sebagai pengontrol dari setiap pergerakan dari motor DC. Pergerakan seperti kecepatan, arah putar serta lamanya pergerakan motor DC dapat dikontrol oleh sebuah driver motor. Driver Motor memiliki beberapa jenis tergantung dari spesifikasi dari motor DC yang digunakan. Salah satu jenis driver motor adalah driver motor EMS 30A H-Bridge. Bentuk fisik dari driver motor EMS 30A H-Bridge dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3

**Gambar 2.15:** Driver Motor EMS 30A H-Bridge

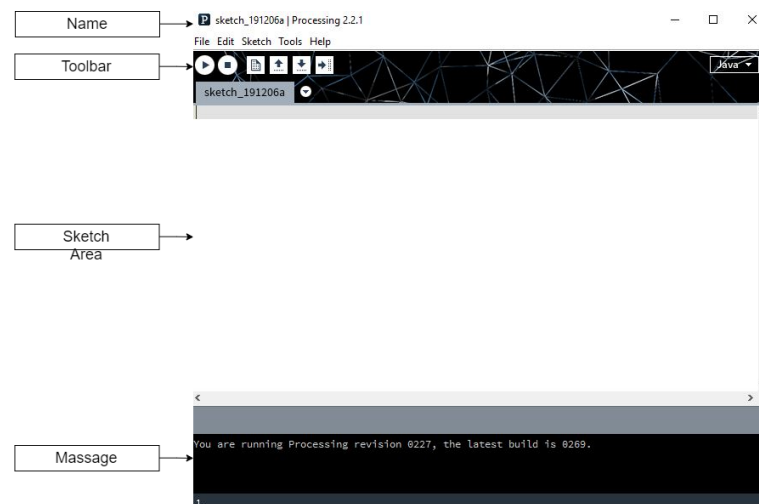
Driver Motor EMS 30A H-Bridge merupakan driver motor yang dapat mengoperasikan sebuah Motor DC dengan batasan arus hingga 30 Ampere. Driver ini memiliki 10 buah pin data yang dapat dihubungkan dengan sebuah mikrokontroler. Alokasi pin Driver Motor EMS 30A H-Bridge ini ditunjukkan pada tabel 2.12

**Tabel 2.2:** Pin Driver Motor EMS 30A H-Bridge

Pin	Nama	I/O	Fungsi
1	MIN1	I	Pin input untuk menentukan output MOUT1
2	MIN2	I	Pin input untuk menentukan output MOUT2
3	MEN1	I/O	Pin enable untuk output MOUT1 Diberi logika High untuk mengkatifkan half H-Bridge 1, diberi logika Low untuk menonaktifkan
4	MEN2	I/O	Pin enable untuk output MOUT2 Diberi logika High untuk mengkatifkan hal H-Bridge 2, diberi logika Low untuk menonaktifkan
5	MSC	O	Output tegangan analog yang berbanding lurus dengan arus beban (Range output 0-5 V) Tersedia untuk IC VNH2SP30
6	MPWM	I	Pin input untuk mengatur kerja modul H-Bridge secara PWM
7,9	VCC	-	Terhubung ke catu daya untuk input (5 Volt)
8,10	PGND	0	Titik referensi untuk caru daya input

## 2.7 Processing Integrated Development Environment (IDE)

Processing IDE adalah pemrograman sederhana yang diciptakan untuk pengembangan aplikasi yang berorientasi visual atau pencitraan dengan penekanan pada animasi dan memberi pengguna umpan balik melalui interaksi antarmuka. Para developer Processing IDE ini menginginkan sebuah cara untuk "membuat sketsa" gagasan dalam bentuk kode. Karena pemrograman telah berkembang selama beberapa dekade terakhir, Processing IDE telah mulai digunakan untuk pekerjaan tingkat produksi yang lebih maju. Awalnya dibangun sebagai ekstensi khusus domain Java yang ditujukan untuk seniman dan desainer, Processing IDE telah berkembang menjadi alat desain dan prototipe lengkap dan penuh yang digunakan untuk pekerjaan instalasi skala besar, grafis gerak, dan visualisasi data yang rumit. Tampilan pada Processing IDE ditunjukkan pada gambar 3.1



**Gambar 2.16:** Processing IDE

### 2.7.1 Syntax dalam Processing IDE

**Mengatur ukuran** Ukuran sebuah objek pada processing IDE diatur menggunakan sebuah syntax `size()` Fungsi `size()` digunakan untuk menetapkan variabel global lebar dan tinggi dari suatu program. Ukuran untuk panjang dan tinggi tersebut menggunakan ukuran piksel. Lebar diwakili dengan variabel "width" dan tinggi diwakili dengan variabel. Untuk objek yang ukurannya tergantung pada layar, selalu gunakan variabel lebar dan tinggi, bukan angka. Ini mencegah masalah saat parameter fungsi `size()` diubah. Berikut penulisan dari fungsi `size()` untuk menetapkan lebar dan tinggi suatu program: `size(1000, 1000);`

**Shape** Shape adalah syntax pada Processing IDE yang berfungsi untuk membuat berbagai macam bentuk, seperti persegi panjang, lingkaran, garis, dan bentuk lainnya yang dapat diatur ukurannya dengan parameter-parameter tertentu. Tabel 2.4 merupakan contoh dari beberapa syntax shape.

**Transformasi Bentuk Pada Processing IDE** Transformasi pada Processing IDE digunakan untuk memindahkan, memutar atau, mengecilkan atau membesarkan suatu objek dan perpindahannya dapat diatur dengan parameter-parameter tertentu di dalam Processing IDE. Transformasi adalah dasar dari pemrograman Processing IDE. Tabel 2.5 adalah contoh penulisan syntax dari Transformasi.

**Tabel 2.3:** Syntax Shape

No	Syntax	Bentuk	Keterangan
1	ellipse(a,b,c,d)		a = koordinatX b = koordinatY c= lebar diameter d= tinggi diameter
2	arc(a,b,c,d,start,stop,mode)		a = koordinatX b = koordinatY c = lebar diameter d = tinggi diameter start = sudut mulai stop = sudut akhir mode = PIE, CHORD, OPEN
3	line(x1,y1,x2,y2)		x1 = koordinatX1 y1 = koordinatY1 x2 = koordinatX2 y2 = koordinatY2
4	point(x,y)		x = koordinatX y = koordinatY
5	rect(a,b,c,d,r)		a = koordinatX1 b = koordinatY1 c = koordinatX2 d= koordinatY1

**Tabel 2.4:** Syntax Transformasi

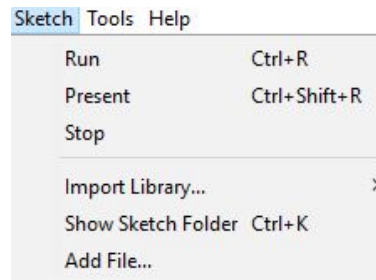
No	Syntax	Keterangan
1	Translate(x,y)	x = transisi kiri/kanan y = transisi atas/bawah
2	Rotate(angle)	angle=besar sudut rotasi(radian)
3	RotateX(angle)	angle=besar sudut rotasi(radian)
4	RotateY(angle)	angle=besar sudut rotasi(radian)
5	RotateZ(angle)	angle=besar sudut rotasi(radian)
6	Scale(S)	s = besar pengecilan pembesaran (

**Tabel 2.5:** Syntax Koordinat Mouse

No	<i>Syntax</i>	Keterangan
1	mouseX	Variabel sistem X memiliki nilai dari koordinat horizontal mouse secara real time
2	mouseY	Variabel sistem Y memiliki nilai dari koordinat horizontal mouse secara real time.
3	mouseButton()	Bila tombol mouse ditekan, nilai variable sistem disetel ke LEFT,RIGHT, atau CENTER.
4	mouseClicked()	Dipanggil setelah tombol mouse ditekan dan kemudian dilepaskan.
5	mouseDragged()	Dipanggil setelah tombol mouse bergerak saat ditekan.

**Akses Koordinat Mouse** Processing IDE mempunyai fungsi khusus yaitu dapat melacak posisi mouse baik secara vertical maupun horizontal. Akan tetapi Processing IDE hanya dapat melacak posisi mouse saat sketch dijalankan saja. Nilai default mouseX dan mouseY adalah 0, jadi 0 akan dikembalikan sampai mouse bergerak di depan jendela sketsa. (ini biasanya terjadi saat sketsa dijalankan pertama kali). Setelah mouse bergerak menjauh dari jendela, mouseX akan terus melaporkan posisi terakhirnya. Tabel 2.6 adalah contoh penulisan syntax dari mouse.

**Compile Sketch** rogram pada Processing IDE dinamakan sketch. Tujuan diberi nama sketch adalah untuk membuat pemrograman bergaya Java ini terasa lebih seperti scripting, dan mengadopsi proses scripting untuk menulis kode dengan cepat. Sketch disimpan dalam bentuk Sketchbook, folder yang digunakan sebagai default penyimpanan semua proyek Processing IDE. Sketch yang tersimpan dalam Sketchbook dapat diakses dari File - Sketchbook. Sebagai alternatif, File - Open.. dapat digunakan untuk membuka sketch dari tempat lain pada sistem. Gambar 2. 21 adalah opsi toolbar untuk menjalankan sketch. Run (Ctrl + R) adalah opsi untuk menjalankan sketch yang telah dibuat, begitu pula dengan Tweak. Present (Ctrl + Shift + R) berfungsi untuk menjalankan sketch dengan layer penuh (Fullscreen). Stop berfungsi untuk menghentikan sketch.



**Gambar 2.17:** Toolbar Sketch

### 2.7.2 Library untuk Processing IDE

**Memuat Huruf (Font) pada Processing IDE** Pfont adalah class yang digunakan untuk penggunaan font pada Processing IDE. Untuk membuat font yang akan digunakan dengan Processing IDE, dengan memilih "Create Font ..." dari menu Tools. Ini akan membuat font dalam format Processing IDE yang membutuhkan dan juga menambahkannya ke direktori data sketsa saat ini. Pengolahan menampilkan font menggunakan format font .vlw. Fungsi loadFont() digunakan untuk membuat font baru dan textFont () digunakan agar font baru yang telah dibuat tersebut aktif. Syntax list() berfungsi untuk membuat daftar font yang terinstal di komputer, yang merupakan informasi yang berguna untuk digunakan dengan fungsi createFont () untuk mengubah font secara dinamis menjadi format yang bisa digunakan di Processing IDE.

**Memuat ControlP5 pada Processing IDE** ControlP5 adalah library yang berfungsi sebagai pengontrol untuk membuat antarmuka dengan user, ControlP5 berupa grafis di dalam sketch Processing IDE yang meliputi Slider, Button, Toggles, Knobs, Radiobutton, dan dapat dengan mudah ditambahkan ke sketch pengolahan. ControlP5 ditulis oleh Andreas Schlegel untuk pemrograman Processing IDE. Library ControlP5 bisa diunduh di laman <https://github.com/sojamo/controlp5>, atau unduh di library Processing IDE secara langsung.

## BAB III

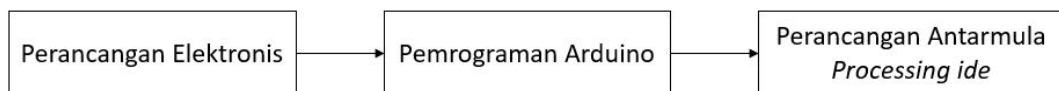
### PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1 Metode Perancangan sistem

Perancangan robot serpent-2 ini diawali dengan menentukan metode yang tepat untuk mendesain dan membangun sistem secara keseluruhan meliputi perancangan elektronis, pemrograman pada Arduino Mega 2560, implementasi kinematika robot pada robot serpent-2, serta perancangan antarmuka pada *processing ide*. Metode perancangan sistem meliputi diagram blok, flowchart cara kerja sistem, prinsip kerja dan perancangan tiap segmen-segmen yang dibutuhkan.

##### 3.1.1 Diagram Blok Perancangan Sistem

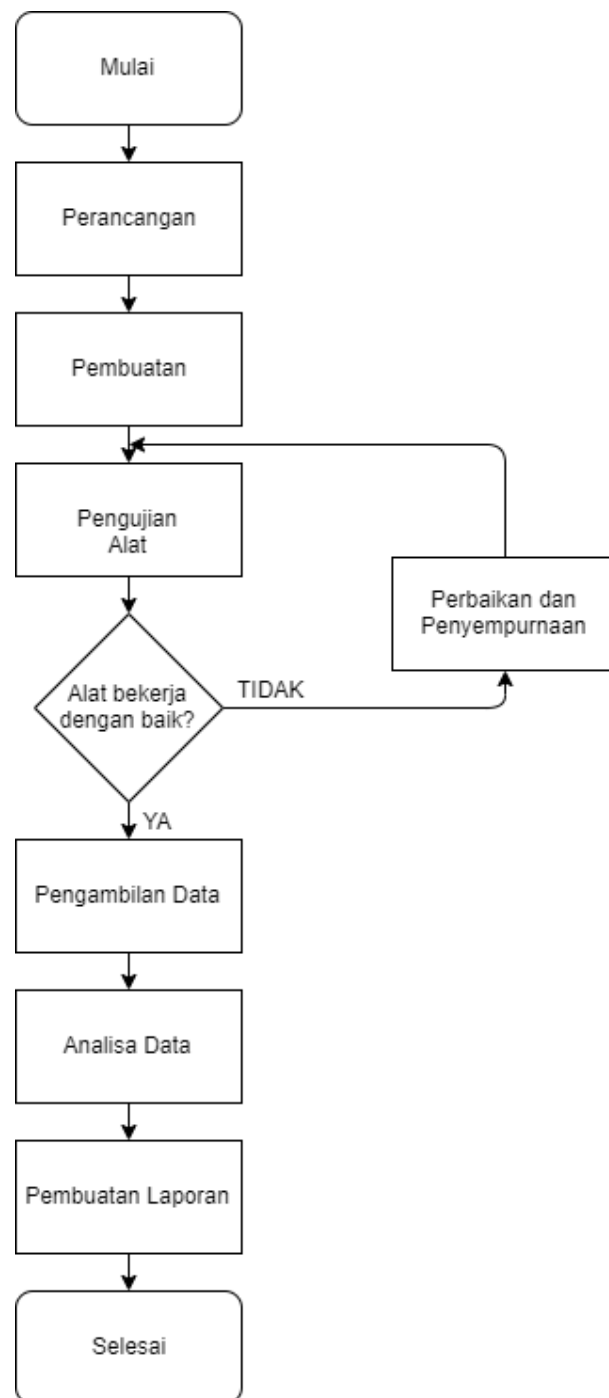
Pada dasarnya, perancangan sistem untuk robot serpent-2 secara sederhana dapat dibagi menjadi tiga bagian. Ketiga perancangan ini merupakan hal yang sangat penting dan saling berkaitan. Perancangan robot serpent-2 jika digambarkan dalam diagram blok sistem dapat digambarkan seperti yang ditunjukkan dalam gambar 3.1



**Gambar 3.1:** Diagram metode perancangan sistem.

##### 3.1.2 Flowchart Cara Kerja Sistem

Kerja sistem, merupakan bagaimana robot serpent-2 melakukan tugasnya sesuai perintah yang dimasukkan dan kemudian dilaksanakan oleh aktuator. Robot serpent-2 memiliki kerja sistem yang tergolong ringkas yang mana didominasi oleh sistem maju tetapi juga memiliki sistem balik. Kerja sistem dari robot serpent 2 jika dirancang dalam bentuk flowchart dapat ditunjukkan seperti dalam gambar 3.2



**Gambar 3.2:** Flowchat cara kerja sistem.



### 3.1.3 Perancangan Elektronik

Perancangan elektronik merupakan perancangan dasar pada pembuatan suatu sistem. Suatu sistem dapat bekerja secara maksimal karena terdiri dari komponen-komponen yang memiliki fungsi masing-masing. Komponen-komponen ini, disatukan kedalam sebuah *Shield Printed Circuit Board* (PCB).

1. Pengendali motor DC yang digunakan adalah modul EMS 30A H-Bridge sebanyak tiga buah yang masing-masing untuk menggerakkan *Shoulder*, *Elbow* dan perputaran *Wrist*. Secara garis besar, fungsi modul pengendali motor ini adalah untuk mengendalikan arah dan kecepatan putaran motor DC sesuai instruksi kendali dari Arduino Mega 2560 pengguna. Modul akan menerima nilai yang dikirimkan oleh Arduino Mega 2560 dan kemudian menggerakkan motor servo yang sudah terhubung dengan *shoulder*, *Elbow* dan perputaran dari *Wrist*.



**Gambar 3.3:** Pengendali Motor DC EMS 30A H-Bridge

2. Potensiometer yang digunakan adalah jenis potensiometer *rotary*. Potensiometer ini sebagai sensor posisi motor servo. Potensiometer terpasang pada setiap bagian motor servo sesuai dengan perputarannya dan akan memberikan keluaran berupa level tegangan yang berubah-ubah sesuai dengan posisi motor servo saat itu. Level tegangan tersebut kemudian dikirimkan kepada Arduino Mega 2560 sebagai sensor *feedback* yang nantinya akan diproses untuk menyempurnakan posisi sesuai yang ditentukan.

**Gambar 3.4:** Mekanisme pemasangan potensiometer pada motor

3. Pengaturan pergerakan vertikal dari *wrist* pada robot serphent-2 menggunakan sistem pneumatik silinder. Pada bagian buka tutup *wrist* menggunakan masukan udara biasa untuk menutupnya dan membuang udara untuk membukanya.

Udara tersebut didapat dari kompresor yang terhubung melalui selang dan dikontrol melalui sebuah relay yang bekerja pada tegangan 24v.

**Gambar 3.5:** Relay pneumatik

**Gambar 3.6:** Pneumatik Silinder

4. Relay yang bekerja pada tegangan 24v, pada Arduino Mega 2560 dikontrol melalui sinyal digital dengan bantuan rangkaian yang menggunakan TIP31A yang berfungsi untuk memutus atau membuka tegangan 24v.

**Gambar 3.7:** Rangkaian skematik TIP31 sebagai *switch*

5. Semua komponen-komponen yang dibutuhkan pada sistem kerja, disatukan ke dalam *shield PCB* yang bertujuan agar meringkaskan serta memudahkan perangkaan elektronis. Rangkaian PCB dibuat melalui *software* Eagle.

**Gambar 3.8:** Skematik rangkaian elektronis keseluruhan

SCARA merupakan singkatan dari *Selective Compliant Assembly Robot Arm*. Robot ini pertama kali dibuat oleh perusahaan USA bernama Adept pada 1984 dan diklasifikasikan sebagai robot industri. Sistem penggerak robot SCARA merupakan pergerakan langsung pada lengan tanpa bantuan sistem *belt* kecuali pada bagian *wrist*, sehingga membuat mekanisme gerakannya bekerja cepat, sederhana namun tetap akurat. Robot ini banyak digunakan sebagai robot *assembly part* dengan ukuran yang kecil dengan kecepatan sedang.

Robot SCARA yang digunakan pada penelitian ini menggunakan robot SCARA dengan nama Serpent-2. Robot Serpent-2 memiliki dua *horizontal joint* yaitu bagian *shoulder*, *elbow* dan *wrist* yang dikendalikan oleh motor servo. Sedangkan pada bagian *vertical joint* yang berfungsi sebagai naik turun dan buka tutup dari *wrist*, dikendalikan oleh pneumatik yang dikontrol oleh *valve relay*. Sehingga, gerakan yang terdapat pada robot SCARA dapat diklasifikasikan sebagai gerakan mengambil dan menempatkan objek.

**Tabel 3.1:** Spesifikasi Robot Serpent-2

Main arm length	360 mm
Fore arm length	290 mm
Shoulder movement	180 °
Elbow movement	200 °
Wrist rotation	360 °
Up & down movement	150 mm
Maximum tip velocity	3.0 kg

Pada bagian motor servo, robot serpent-2 menggunakan tiga buah sensor *feedback* yang berguna sebagai pemberi nilai posisi pada masing-masing motor servo. Sensor *feedback* yang digunakan pada robot SCARA ini menggunakan potensiometer yang memberikan nilai analog dan kemudian diproses oleh Arduino Mega 2560. Nilai ini, nantinya untuk memproses gerak kinematika dari robot SCARA tersebut sesuai dengan posisi yang diinginkan.

### 3.2 Motor servo

Motor servo merupakan sebuah motor DC yang memiliki sistem *feedback*. *feedback* pada motor servo merupakan koreksi sudut motor DC terhadap sudut referensi [1]. pada robot Serpent-1 terdapat tiga buah motor DC, motor DC bagian wrist dan elbow merupakan motor DC yang identik. sehingga penulis hanya fokus membandingkan spesifikasi dua motor DC yaitu motor DC yang berada di bagian shoulder (*main arm*) dan motor DC yang berada di bagian elbow (*fore arm*). spesifikasi dua motor DC tersebut dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut

**Tabel 3.2:** Spesifikasi Motor DC pada robot Serpent-1

Moments of inertia of the main arm ( $J_1$ )	$0.0980 \text{ kgm}^2$
Moments of inertia of the fore arm ( $J_2$ )	$0.0115 \text{ kgm}^2$
Masses of the main arm ( $m_1$ )	$1.90 \text{ kg}$
Masses of the fore arm ( $m_2$ )	$0.93 \text{ kg}$
Motor and equivalent inertias ( $J_m$ )	$3.3 * 10^{-6} \text{ kgm}^2$
Back emf constants for main arm and fore arm motor ( $K_{e1} = K_{e2}$ )	$0.047 \text{ Nm/A}$
Armature resistance for main arm and fore arm motor ( $R_{a1} = R_{a2}$ )	$3.5 \Omega$
Armatures inductances for main and fore arm motor ( $L_{a1} = L_{a2}$ )	$1.3 \text{ mH}$

**3.2.1 Perancangan Elektronis****3.2.2 Pemrograman Kontroller & Implementasi PID****3.2.3 Perancangan Antar Muka & Implementasi *Invers Kinematic***

**BAB IV**  
**PENUTUP**

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Younkin, *Industrial Servo Control Systems: Fundamentals And Applications, Revised And Expanded*. USA: Marcel Dekker, INC, 2002.