

**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

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| Intisari | viii |
| <i>Abstract</i> | ix |
| I PENDAHULUAN | 1 |
| 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 |
| II LANDASAN TEORI | 6 |
| 2.1 Gambaran Umum Robot Lengan | 6 |
| 2.2 Motor servo | 7 |
| 2.3 Kinematika Robot | 8 |
| 2.4 Processing IDE | 8 |
| III PERANCANGAN SISTEM | 10 |
| 3.1 Metode Perancangan sistem | 10 |
| 3.1.1 Diagram Blok Perancangan Sistem | 10 |
| 3.1.2 Flowchart Cara Kerja Sistem | 10 |
| 3.1.3 Perancangan Elektronis | 12 |
| 3.1.4 Perancangan Elektronis | 13 |

| | | |
|-----------------------|---|-----------|
| 3.1.5 | Pemrograman Kontroller & Implementasi PID | 13 |
| 3.1.6 | Perancangan Antar Muka & Implementasi <i>Invers Kinematic</i> . . | 13 |
| IV PENUTUP | | 14 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 15 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|---|---|
| Tabel 2.1 | Spesifikasi Robot Serpent-2 | 7 |
| Tabel 2.2 | Spesifikasi Motor DC pada robot Serpent-1 | 8 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------------|--|----|
| Gambar 1.1 | <i>Flowchart</i> Prosedur Penelitian | 4 |
| Gambar 2.1 | Jenis-Jenis <i>Joint</i> | 6 |
| Gambar 2.2 | Processing IDE | 8 |
| Gambar 3.1 | Diagram metode perancangan sistem. | 10 |
| Gambar 3.2 | Flowchat cara kerja sistem. | 11 |
| Gambar 3.3 | Pengendali Motor DC EMS 30A H-Bridge | 12 |
| Gambar 3.4 | Mekanisme pemasangan potensiometer pada motor | 12 |
| Gambar 3.5 | Relay pneumatik | 13 |
| Gambar 3.6 | Pneumatik Silinder | 13 |
| Gambar 3.7 | Rangkaian skematik TIP31 sebagai <i>switch</i> | 13 |
| Gambar 3.8 | Skematik rangkaian elektronis keseluruhan | 13 |

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. 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 *platfrom* antar muka sebagai jembatan antara *user* dengan *hardware*. Dalam penelitian ini program antar muka dirancang menggunakan *software Processing Ide*. Software ini memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya lebih efektif dan cukup mudah untuk digunakan sebagai *platfrom* antar muka. Keunggulan tersebut salah satunya mudahnya sarana komunikasi terhadap *hardware* yang digunakan. Oleh Karena itu, pada program kerja praktik ini dilakukan analisis robot SCARA berupa kinematika maju dan kinematika balik 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 aplikasi 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 dan presisi dari robot lengan dipengaruhi oleh spesifikasi dan torsi dari masing-masing servo 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.

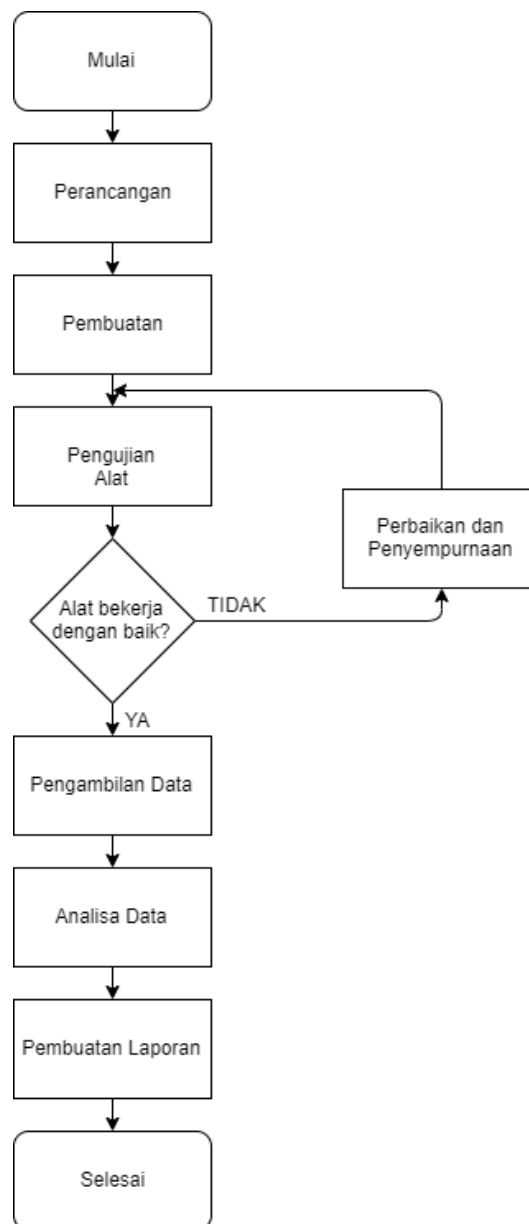
4. Metode Penelitian

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.

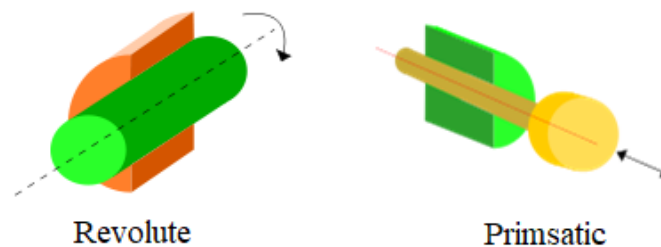
BAB II

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 sehingga robot lengan memiliki beberapa jenis. Robot lengan pada bidang industri biasa digunakan sebagai actuator untuk mengambil dan meletakkan suatu objek secara terus menerus.



Gambar 2.1: Jenis-Jenis Joint

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

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 2.1: 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.

2.2 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 2.2: Spesifikasi Motor DC pada robot Serpent-1

| | |
|---|-------------------------------|
| Moments of inertia of the main arm (J_1) | 0.0980 kgm^2 |
| Moments of inertia of the fore arm (J_2) | 0.0115 kgm^2 |
| Masses of the main arm (m_1) | 1.90 kg |
| Masses of the fore arm (m_2) | 0.93 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 Nm/A |
| Armature resistance for main arm and fore arm motor ($R_{a1} = R_{a2}$) | 3.5Ω |
| Armatures inductances for main and fore arm motor ($L_{a1} = L_{a2}$) | 1.3 mH |

2.3 Kinematika Robot

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.

2.4 Processing IDE



Gambar 2.2: Processing IDE

Processing adalah lingkungan pemrograman sederhana yang dibuat untuk memudahkan mengembangkan aplikasi yang berorientasi visual dengan penekanan pada animasi dan menyediakan respon balik yang instan kepada pengguna melalui interaksi didalamnya. Para pengembang menginginkan cara untuk "membuat sketsa" ide

dalam kode. Karena kemampuannya telah berkembang selama dekade terakhir, *Processing* telah digunakan untuk pekerjaan tingkat produksi yang lebih maju. Awalnya dibangun sebagai ekstensi khusus domain ke Java yang ditargetkan untuk seniman dan desainer, Processing telah berevolusi menjadi desain penuh dan alat *prototyping* yang digunakan untuk pekerjaan instalasi skala besar, gambar gerak, dan visualisasi data yang kompleks.

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

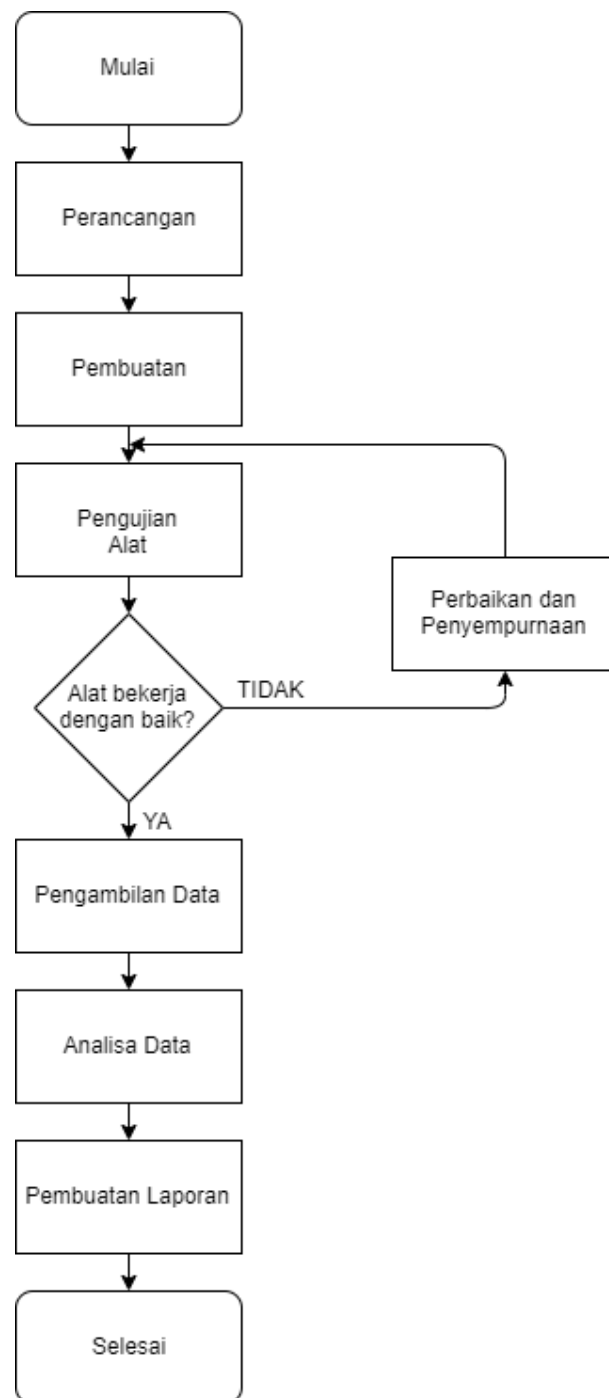
Pada dasarnya, perancangan sistem untuk robot serpent-2 secara sederhana dapat dibagi menjadi tiga bagian. Ketiga perancangan ini merupakan hal yang sangat penting dan saling berkaitan. Perancangan robot serpent-2 jika digambarkan dalam diagram blok sistem dapat digambarkan seperti yang ditunjukkan dalam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

3.1.4 Perancangan Elektronis

3.1.5 Pemrograman Kontroller & Implementasi PID

3.1.6 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.