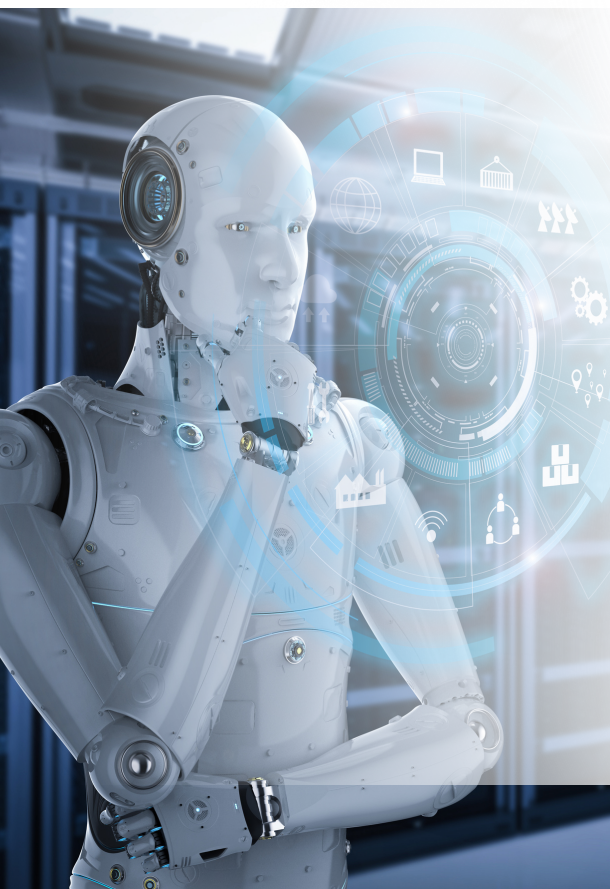


ROBOTIKA



PENULIS :

- Sastya Hendri Wibowo
- Purnawarman Musa
- Marina Artiyasa
- Fathan Mubina Dewadi
- Dedy Abdianto Nggego
- Irwanto

ROBOTIKA

Sastya Hendri Wibowo

Purnawarman Musa

Marina Artiyasa

Fathan Mubina Dewadi

Dedy Abdianto Nggego

Irwanto



PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

ROBOTIKA

Penulis :

Sastya Hendri Wibowo
Purnawarman Musa
Marina Artiyasa
Fathan Mubina Dewadi
Dedy Abdianto Nggego
Irwanto

ISBN : 978-623-198-218-6

Editor : Diana Purnama Sari, M.E

Penyunting : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jl. Pasir Sebelah No. 30 RT 002 RW 001
Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tengah
Padang Sumatera Barat
Website : www.globaleksekutifteknologi.co.id
Email : globaleksekutifteknologi@gmail.com

Cetakan pertama, April 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Robotika ini.

Buku ini membahas Konsep robot, *Mechanical articulations: arms, wrist and effect, Internal and external sensors, Material, applications and safety, Instalasi turtlesim, Pemrograman python.*

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, April 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
BAB 1 KONSEP ROBOTIKA	1
1.1 Pengertian Robot	1
1.2 Tujuan Robot.....	2
1.3 Fungsi Robot.....	2
1.4 Tipe Pergerakan Robot.....	3
1.5 Bentuk Robot.....	4
1.6 Prinsip Kerja Robot.....	6
1.7 Komponen Robot.....	6
DAFTAR PUSTAKA.....	12
BAB 2 ARTIKULASI MEKANIK: ARMS, WRIST, END-EFFECTOR.....	13
2.1 Pendahuluan.....	13
2.2 Jenis Artikulasi Mekanik	15
2.2.1 <i>Revolute Joint</i> (Sendi Putar).....	19
2.2.2 <i>Planar Joint</i> (Sendi Bidang).....	22
2.2.3 <i>Prismatic Joint</i> (Sendi Meluruskan)	23
2.2.4 <i>Cylindrical Joint</i> (Sendi Silinder)	25
2.2.6 <i>Spherical Joint</i> (Sendi Bola).....	26
2.2.7 <i>Ball and Socket Joint</i> (Sendi Bola dan Soket)	27
2.2.8 <i>Universal Joint</i> (Sendi Universal)	29
2.3 Konfigurasi Lengan Robot	30
2.3.1 <i>Arms</i>	30
2.3.2 Lengan (Wrist).....	39
2.3.3 <i>End Effect</i> atau <i>Gripper</i>	40
DAFTAR PUSTAKA.....	48
BAB 3 INTERNAL DAN EXTERNAL SENSOR.....	51
3.1 Pendahuluan.....	51
3.2 Sensor internal	53

3.3 <i>Sensor External</i>	54
3.3.1 <i>Sensor Cahaya</i>	54
3.3.2 <i>Sound Sensors</i>	55
3.3.3 <i>Proximity Sensors</i>	56
3.3.4 <i>Tactile Sensors</i>	58
3.3.5 <i>Touch Sensors</i>	58
3.3.6 <i>Force Sensors</i>	59
3.3.7 <i>Temperature Sensors</i>	59
3.3.8 <i>Navigation and Positioning Sensors</i>	60
3.3.9 <i>GPS</i>	60
3.3.10 <i>Digital Magnetic Compass</i>	61
3.3.11 <i>Localization</i>	61
3.3.12 <i>Acceleration Sensors</i>	62
3.3.13 <i>Sensor robotic yang lainnya</i>	63
3.4 <i>Kesimpulan</i>	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
BAB 4 MATERIAL, APPLICATIONS AND SAFETY	67
4.1 <i>Pendahuluan</i>	67
4.2 <i>Material Penyusun</i>	68
4.3 <i>Keamanan pada Sistem Robotik</i>	70
4.4 <i>Soal-Soal Latihan</i>	73
DAFTAR PUSTAKA.....	74
BAB 5 INSTALASI TURTLESIM	79
5.1 <i>ROS (Robot Operating System)</i>	79
5.2 <i>Apa itu Turtlesim?</i>	80
5.3 <i>Langkah-langkah Instalasi Turtlesim</i>	81
5.3.1 <i>Instalasi ROS dan Turtlesim</i>	81
5.3.2 <i>Menjalankan Rqt_graph</i>	89
DAFTAR PUSTAKA.....	92
BAB 6 PEMROGRAMAN PYTHON	93
6.1 <i>Pendahuluan</i>	93
6.2 <i>Konsep Dasar Pemrograman Python</i>	99
6.3 <i>Sistem Operasi Pemrograman Python</i>	103

6.4 Bahasa pemrograman Python.....	105
6.5 Django Framework.....	106
DAFTAR PUSTAKA.....	107

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Robot Pertama	2
Gambar 1.2. Robot Humanoid.....	4
Gambar 1.3. Robot Animaloid	4
Gambar 1.4. Robot Mobile	5
Gambar 1.5. Robot Fixed.....	5
Gambar 1.6. Interkasi Antar Komponen Robot	6
Gambar 1.7. Mikrokontroler	7
Gambar 1.8. Actuator.....	8
Gambar 1.9. Sensor	8
Gambar 1.10. Battery	9
Gambar 1.11. Kabel	10
Gambar 1.12. Frame	10
Gambar 1.13. Chassis	11
Gambar 1.14. Bau dan Mur	11
Gambar 2.1. Sendi (joint) dan Sambungan (link) pada robot.....	16
Gambar 2.2. Sempel artikulasi mekanik pada robot	17
Gambar 2.3. Model artikulasi mekanik secara revolute joint	19
Gambar 2.4. Contoh penerapan sendi putar pada robot berkaki	20
Gambar 2.5. Model artikulasi mekanik secara planar joint.....	22
Gambar 2.6. Model artikulasi mekanik secara prismatic joint	24
Gambar 2.7. Ilustrasi jangkauan kerja pada model prismatic joint.....	24
Gambar 2.8. Model artikulasi mekanik secara cylindrical joint	25
Gambar 2.9. Model artikulasi mekanik secara spherical joint	26

Gambar 2.10. Komponen utama dari Sendi Bola dan Soket	28
Gambar 2.11. Model artikulasi mekanik secara universal joint	29
Gambar 2.12. Offset joint meningkatkan kerja spherical joint.....	31
Gambar 2.13. Robot menggunakan trek atau slide.....	32
Gambar 2.14. Geometri manipulator model robot cantilever	33
Gambar 2.15. Geometri manipulator model robot silinder.....	34
Gambar 2.16. Geometri manipulator model robot SCARA	35
Gambar 2.17. Manipulator koordinat Polar/Spherical (a) disain sederhana, Bahu yang lebih tinggi dengan offset joint pada elbow	36
Gambar 2.18. Manipulator koordinat untuk jenis arm Polar	37
Gambar 2.19. Disain lengan bentuk 3D	38
Gambar 2.20. Drive langsung untuk gripper sederhana	41
Gambar 2.21. Disain penggerak Gripper	42
Gambar 2.22. Model Gripper mekanis dengan banyak jari	43
Gambar 2.23. Model Gripper Menggunakan Magnetik	44
Gambar 2.24. Model Gripper menggunakan Vakum	45
Gambar 3.1. Sensor Cahaya	52
Gambar 3.2. Badan Robot.....	53
Gambar 3.3. Robot Wall E Yang Merupakan Tokoh Film.....	54
Gambar 3.4. Robot.....	56
Gambar 3.5. Sensor Suhu.....	57
Gambar 3.6. Robot Sapu	58
Gambar 3.7. Sensor Akselerometer	60

Gambar 3.8. Robot Dan Sensor	61
Gambar 4.1. Negara dengan Penghasil Robot Terbanyak di Dunia	67
Gambar 4.2. Macam-Macam Material Logam	68
Gambar 4.3. Aplikasi Robotika dalam Kehidupan Sehari-Hari	69
Gambar 4.4. Diagram Blok Sistem Robot.....	70
Gambar 4.5. Persyaratan Umum Sensor di Sistem Robotik.....	72
Gambar 5.1. Platform tahap eksperimental ROS.....	82
Gambar 5.2. Proses download dan instalasi ROS.....	85
Gambar 5.3. Menjalankan server ROS.....	87
Gambar 5.4. Tampilan jendela turtlesim	88
Gambar 5.5. Simulasi turtlesim membuat sebuah persegi	89
Gambar 5.6. Node rqt_graph.....	90

BAB 1

KONSEP ROBOTIKA

Oleh Sastya Hendri Wibowo

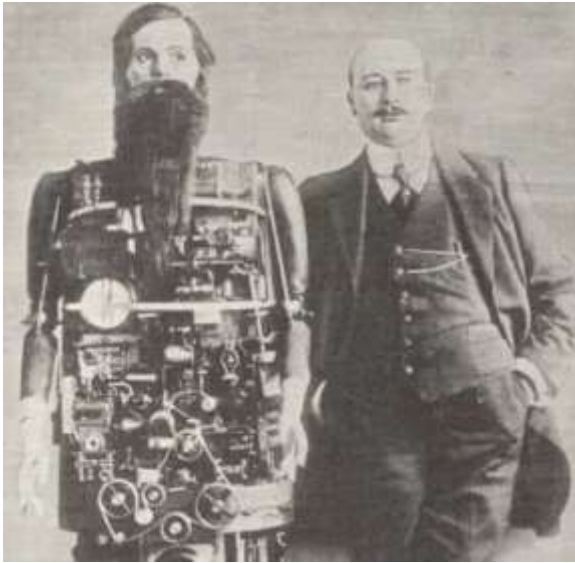
1.1 Pengertian Robot

Istilah "ROBOT" pertama kali muncul pada tahun 1921 dalam lakon "Rossum's Universal Robots" karya Karel Capek. Kata "ROBOT" berasal dari bahasa Ceko "ROBOTA" yang berarti kerja paksa. Istilah "ROBOTICS" berasal dari film pendek sci-fi karya Issac Asimov (1942) berjudul "*Runaround*". Kemudian Isaac Asimov memasukkan Novell ke dalam bukunya yang sangat terkenal "*I, Robot*".

Robot adalah alat mekanis yang dapat melakukan tugas baik di bawah pengawasan dan kendali manusia atau dengan bantuan program yang telah ditentukan.

Secara umum, robot harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Robot tidak alami
- Mampu memahami kondisi lingkungan
- Mampu menghadapi benda-benda di lingkungannya
- Anda memiliki tingkat kecerdasan tertentu
- Kemampuan mengambil keputusan berdasarkan lingkungan
- Secara otomatis dikendalikan
- Dapat diprogram
- Dapat bergerak dengan satu atau lebih aksi untuk berputar dan berpindah
- Dapat membuat pergerakan yang terkoordinasi dengan baik.



Gambar 1.1. Robot Pertama

1.2 Tujuan Robot

- Tenaga kerja yang sangat efisien yang mampu bekerja 24 jam sehari akan tercipta
- Lakukan pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi
- Menggantikan orang dalam pekerjaan yang berulang
- Mampu bekerja di tempat yang berbahaya bagi manusia
- Sebagai sarana hiburan (*entertainment*) bagi masyarakat

1.3 Fungsi Robot

a) Industri

Robot digunakan untuk mengotomatiskan proses produksi, pengelasan, perakitan, dan pengemasan. Penggunaan robot di industri dinilai lebih baik karena bisa melakukan pekerjaan berat yang tidak bisa dilakukan manusia.

- b) Kedokteran
Paramedis dan dokter menggunakan robot untuk merawat pasien. Selama ini, robot yang diproduksi sebagian besar adalah robot bedah karena dapat membantu dokter mencapai presisi dalam operasi.
- c) Serving
Robot dirancang untuk melayani orang atau mengambil alih beberapa tugas yang dilakukan orang setiap hari.
- d) Toy atau Pet
Robot digunakan sebagai mainan atau hewan peliharaan.
- e) Education
Robot yang tujuannya untuk memfasilitasi pembelajaran fungsi dasar dan mekanisme pengoperasian robot. Robot semacam itu juga mendorong orang untuk lebih terlibat dalam pengembangan robot di masa depan.

1.4 Tipe Pergerakan Robot

Berdasarkan tipe pergerakan, robot dapat dibagi menjadi :

- a) *Slow Motion*
Gerakan paling sederhana, diurutkan dari satu titik ke titik lainnya dengan kecepatan konstan.
- b) *Joint-Interpolated Motion*
Pengontrol perlu menghitung waktu yang diperlukan setiap koneksi untuk mencapai tujuan dengan kecepatan yang berbeda.
- c) *Straight-Line Interpolation Motion*
Gerakan halus
- d) *Circular Interpolation Motion*
Gerakan memutar

1.5 Bentuk Robot

a) Humanoid

Bentuk robot ini mirip dengan manusia, memiliki dua kaki, tangan, seperti manusia.



Gambar 1.2. Robot Humanoid

b) Animaloid

Bentuk robot ini terlihat seperti binatang, bertingkah seperti binatang, dan bergerak seperti binatang.



Gambar 1.3. Robot Animaloid

c) Mobile

Bentuk robot ini dapat bergerak secara dinamis dari titik ke titik. Ia memiliki alat gerak seperti roda dan kaki.



Gambar 1.4. Robot Mobile

d) Fixed

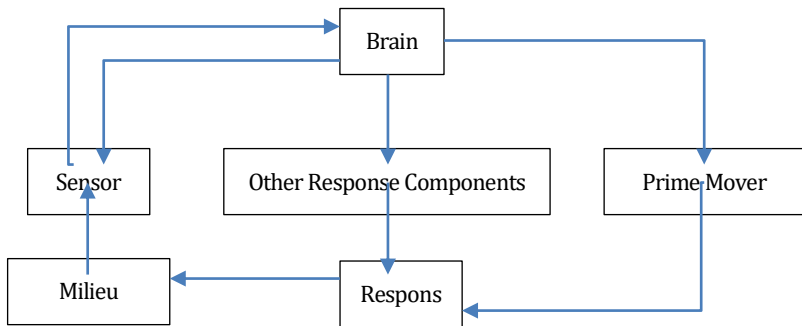
Bentuk robot ini sama sekali tidak bisa berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Bentuk robot ini tidak bergerak pada posisinya dan sangat sulit untuk digerakkan. Contoh robot industri.



Gambar 1.5. Robot Fixed

1.6 Prinsip Kerja Robot

Sampai saat ini belum ada robot yang dapat bertindak sendiri, seperti halnya manusia yang dapat melakukan banyak hal tanpa harus menunggu rangsangan lingkungan. Robot tersebut terlihat hidup, namun sebenarnya hanya bereaksi terhadap rangsangan yang diterimanya dari lingkungan.

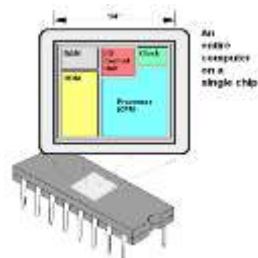


Gambar 1.6. Interaksi Antar Komponen Robot

1.7 Komponen Robot

a) Mikrokontroler

Sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol perpindahan gigi elektronik dan biasanya dapat menyimpan program di dalamnya. Mikrokontroler biasanya terdiri dari CPU (central processing unit), memori, unit I/O tertentu, dan unit pendukung seperti analog-to-digital converter (ADC) yang sudah terpasang di dalamnya.





Gambar 1.7. Mikrokontroler

Ciri-ciri Mikrokontroler :

- 1) Kemampuan CPU tidak terlalu tinggi
- 2) Memiliki kemampuan memori internal relatif sedikit
- 3) Memiliki memori volatile yang isinya tidak hilang bila catu daya mati
- 4) Memiliki port I/O yang terintegrasi
- 5) Memiliki perintah/program yang langsung berhubungan dengan I/O
- 6) Perintah relatif sederhana

Jenis Mikrokontroler :

Secara teknis, hanya ada 2 macam mikrokontroller. Pembagian ini didasarkan pada kompleksitas instruksi-instruksi yang dapat diterapkan pada mikrokontroler tersebut, yaitu :

- 1) RISC
RISC merupakan *Reduced Instruction Set Computer*. Instruksi yang dimiliki terbatas, tetapi memiliki fasilitas yang lebih banyak.
- 2) CISC
CISC merupakan *Complex Instruction Set Computer*. Instruksi bisa dikatakan lebih lengkap tapi dengan fasilitas secukupnya.

b) Actuator

Bagian ini seperti otot pada manusia. Tugasnya adalah menggerakkan robot. Robot beroda biasanya menggunakan motor DC untuk memutar roda dan membuat robot bergerak. Untuk robot yang berjalan dengan kaki, motor servo merupakan pilihan yang tepat. Motor Sevo merupakan motor DC yang dapat diputar. Jenis saluran hidrolik dan pneumatik juga digunakan untuk mengoperasikan robot.



Gambar 1.8. Actuator

c) Sensor

Jika manusia memiliki indra, maka robot memiliki sensor. Ada banyak jenis sensor robot, manusia hanya memiliki 5 indera, robot dapat memiliki sensor dalam jumlah yang tidak terbatas. Karena robot adalah makhluk elektronik dan teknologi berkembang pesat.



Gambar 1.9. Sensor

d) Battery

Merupakan sumber tenaga robot. Seperti otak manusia yang membutuhkan nutrisi, dan tubuh manusia yang membutuhkan karbohidrat atau vitamin. Listrik adalah sumber kehidupan robot, dan robot dapat menarik daya yang mereka butuhkan untuk kontrol, sensor, aktuator, dan semua komponen elektronik dari baterai.



Gambar 1.10. Battery

e) Kabel

Jika baterai dulunya seperti darah, maka kabel ini seperti pembuluh darah yang mengalirkan darah di setiap bagian robot, dan juga saraf yang menjadi jalur data input dan output.



Gambar 1.11. Kabel

f) Frame

Sebagai tulang yang menyangga antara servo pada robot dan juga berfungsi untuk membentuk robot menjadi berbagai macam bentuk, serta penunjang penampilan robot.



Gambar 1.12. Frame

g) Chassis

Bagian utama robot biasanya menjadi badan robot. Biasanya chassis robot dipasang dengan bingkai berbeda dengan nomor lebih banyak.



Gambar 1.13. Chassis

h) Baut dan Mur

Merupakan komponen yang mendukung pembentukan robot



Gambar 1.14. Bau dan Mur

DAFTAR PUSTAKA

- Bishop, Owen, Programming LEGO Mindstroms NXT, Syngress, 2007.
- Hrynkiw, Dave and Tilden, Mark, W, Junkbots, Bugbots and Bots on Wheels, McGraw Hill, Osborne, 2002.
- Nedjah, Nadia, dos Santos Coelho, Leandro and de Macendo Maourelle, Luiza, Mobile Robots.

BAB 2

ARTIKULASI MEKANIK: ARMS, WRIST, END-EFFECTOR

Oleh Purnawarman Musa

2.1 Pendahuluan

Teknologi robotika merupakan salah satu teknologi penting dalam menentukan kemajuan peradaban manusia di dunia yang dapat meningkatkan produktivitas suatu pekerjaan yang sebelumnya sulit dan berbahaya dapat dilakukan dengan lebih mudah dan aman (Jatmiko *et al.* 2012). Robot adalah mesin yang melakukan aktivitas yang sebanding dengan manusia (Brusa 2015). Dua kategori utama robot adalah bergerak (*mobile*) dan tidak bergerak (*stationer*). Robot stasioner dipasang secara permanen di satu lokasi (seperti lengan robot). Untuk robot bergerak sering digunakan untuk pembersihan bencana nuklir, eksplorasi planet, kendaraan berpemandu otomatis di pabrik industri, dan pengiriman pos. Mobilitas robot di dalam tempat kerja tidak terbatas dan robot bersifat otonom atau terpandu (Putri *et al.* 2018; Christie *et al.* 2017). Misalnya, memantau atau menjelajah jauh ke dalam perut bumi, pada suatu kedalaman laut, eksplorasi ruang angkasa, media hiburan dan lain sebagainya.

Perkembangan robotika terjadi diberbagai sektor kehidupan, seperti Kesehatan, militer, manufaktur, industri, kesehatan, dan sektor kehidupan lainnya (Siswadi & Musa 2021). Robot digunakan secara individual dan fleksibel dengan mengaplikasikan secara fungsi *pick and place* yang sederhana dan diposisikan pada sumbu linear, horizontal atau vertikal. Dalam menggerakkan suatu robot, membutuhkan suatu konsep mekanik.

Kata "mekanik" berasal dari bahasa Latin yaitu "mechanicus" yang diterjemahkan artinya adalah "seseorang yang ahli di bidang mesin." Mekanika merupakan cabang ilmu yang secara khusus mempelajari fungsi dan eksekusi suatu mesin atau alat/benda yang menyerupai mesin (Sharkey & Sharkey 2009). Terlepas dari kenyataan bahwa ruang lingkup mencakup informasi yang menyelidiki gerakan suatu item serta peran yang dimainkan gaya dalam gerakan tersebut, salah satunya pada bidang robotika. Beberapa bukti yang menunjukkan bahwa permintaan robot industri dalam skala global belum mencapai proporsi yang diperkirakan oleh para profesional industri pada dua puluh tahun yang lalu. Hal ini disebabkan robot industri diperkenalkan mengalami reaksi negatif dari pelaku industri seperti kebutuhan tidak mendesak, mahal, dan membutuhkan sejumlah besar pemeliharaan. Selain itu, perangkat lunak seringkali tidak sesuai untuk kegiatan yang sedang dilakukan, dan banyak robot industri tidak cocok dengan pekerjaan yang sedang dilakukan oleh robot.

Penerapan robot membutuhkan suatu konsep *mechanical articulation* atau yang dikenal dengan artikulasi mekanik. *Mechanical articulations* merupakan suatu teknik sendi mekanik antara dua bagian pada sebuah sistem (misalnya pada lengan robot), yang mengatur gerakan atau posisi relative dari kedua bagian tersebut yang memungkinkan perpindahan relatif yang fleksibel atau tetap antara dua bagian. Teknik sendi mekanik bisa digunakan dalam berbagai aplikasi seperti mesin, robotik, dan bangunan, untuk mengatur posisi dan gerakan bagian-bagian terkait (Baghli *et al.* 2015). Artikulasi mekanik pada bidang robotika merupakan bagian penting dalam membangun sebuah sistem robot, dimana bagian-bagian robot bergerak dan berkoordinasi dengan satu sama lain untuk mencapai tugas yang dapat menentukan bagaimana robot berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya dan memungkinkan robot melakukan gerakan yang ditentukan. Konsep artikulasi mekanik berperan

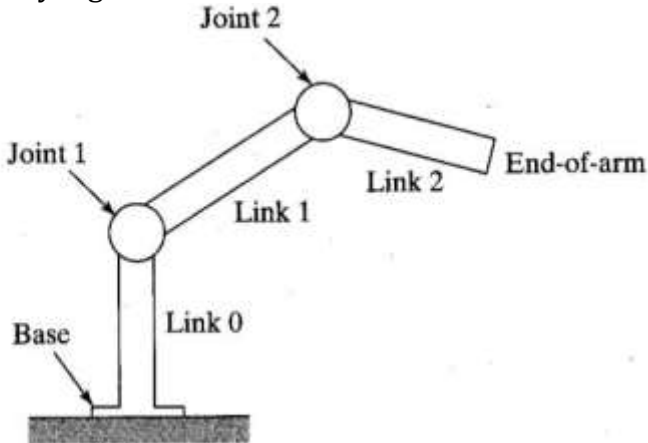
penting melakukan stabilitas dan kinerja yang optimal dari sebuah sistem robot, sehingga membutuhkan kombinasi tepat dari jenis artikulasi dan desain mekanik terbaik melakukan tugas dengan efisiensi dan presisi yang tinggi.

2.2 Jenis Artikulasi Mekanik

Dalam ilmu robotika, mekanisme sendi (*joint*) pada robot disebut kinematika robot. Istilah *joints and links* merupakan elemen utama dari struktur mekanik pada robot, sedangkan *mechanical articulations* mengacu pada jenis-jenis sendi (*joint*) yang menghubungkan dua atau lebih *link* pada robot. Oleh karena itu, perancangan *mechanical articulations* atau sendi-sendi pada robot dalam menentukan performa dan kinerja robot dalam melakukan tugas-tugas tertentu. Kombinasi jenis-jenis sendi pada robot dan urutan sendi yang digunakan untuk menghubungkan link pada robot mempengaruhi derajat kebebasan atau *degree of freedom* (DOF) dari robot, yang menentukan seberapa banyak gerakan yang dapat dilakukan oleh robot. Gambar 2.25 menjelaskan, pada prinsipnya robot bekerja dengan menggunakan sendi dan sambungan, yaitu :

1. Sendi robot industri memiliki tujuan yang sama dengan sendi manusia di dalam tubuh, memberikan mobilitas relatif antara dua bagian tubuh yang berbeda.
2. Masing-masing sendi robot juga disebut sebagai sumbu dalam konteks tertentu memberi mesin apa yang disebut sebagai gerak yang dikenal dengan istilah *degree of freedom* (DOF).
3. Sendi biasanya memiliki tingkat kebebasan tunggal. Namun, ada beberapa pengecualian untuk aturan ini.
4. Dari setiap sendi terdapat dua sambungan (*link*), yaitu terdapat tautan input dan output terhubung ke setiap sambungan.

5. Manipulator robot terdiri dari sambungan yang merupakan komponen kaku (rigid).
6. Fungsi sendi adalah untuk menyediakan tautan input dan output dengan kemampuan untuk terlibat dalam gerakan relatif yang diatur satu sama lain.

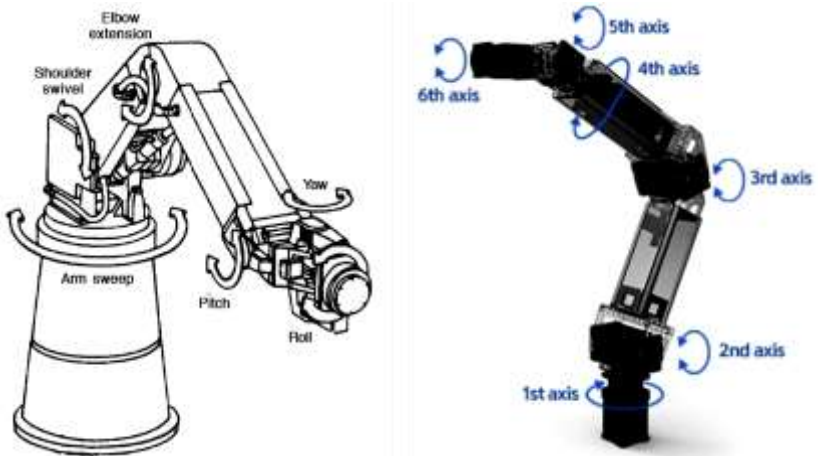


Gambar 2.25. Sendi (*joint*) dan Sambungan (*link*) pada robot
(Sumber : Savatekar & Dum 2016)

Setiap sendi pada robot memiliki jenis gerakan yang unik dan memungkinkan gerakan tertentu dari robot. Pemilihan jenis sendi atau joint yang tepat pada robot sangat penting karena mempengaruhi kemampuan robot dalam melakukan tugas yang diberikan. Selain itu, posisi dan orientasi dari setiap sendi pada robot berpengaruh pada kinematika dan kemampuan robot dalam menjangkau posisi dan arah yang diinginkan. Sementara links atau elemen pada bagian-bagian dari robot yang terhubung melalui sendi-sendi membentuk struktur atau mekanik gerak yang memungkinkan robot untuk melakukan gerakan dan tugas-tugas yang diberikan.

Jenis artikulasi mekanik untuk sistem robot memiliki karakteristik berbeda sesuai dengan dan pengaplikasiannya. Ada

berbagai jenis artikulasi mekanik dalam bidang ilmu robotika, seperti *revolute joint*, *prismatic joint*, *cylindrical joint*, *spherical joint*, *ball and socket joint*, *universal joint*, dan *planar joint*. Setiap jenis artikulasi memiliki karakteristik yang berbeda dan digunakan sesuai dengan tugas dan aplikasi yang ditentukan. Sebagai contoh, robot dengan terdiri dari 1 derajat kebebasan hingga 6 derajat kebebasan yang dapat dilihat pada Gambar 2.26.



Gambar 2.26. Sempel artikulasi mekanik pada robot
(Sumber : Barreto 2021)

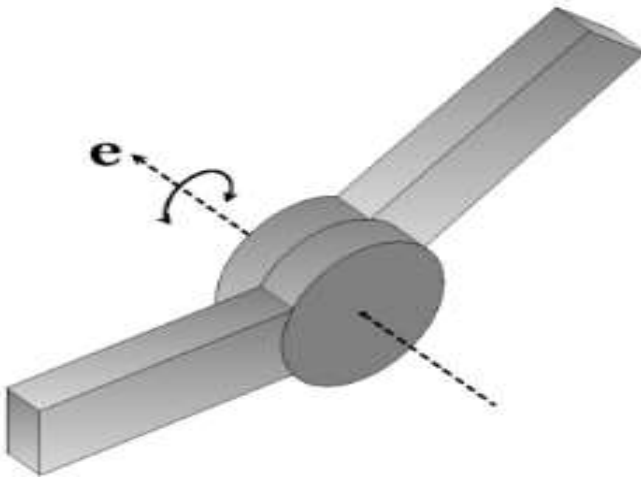
Tingkat kebebasan adalah satu gerakan bersama oleh robot, misal robot sederhana dengan 3 derajat kebebasan dapat yang bergerak tiga arah: atas-bawah, kiri-kanan, maju-mundur. Selain itu robot pan and tilt yang memiliki 2 derajat kebebasan berbergerak dari kiri ke kanan dan mengangkat ke atas dan ke bawah. Berikut adalah penjelasan tingkat derajat kebebasan dengan 6 DOF, yaitu:

1. Base Rotation (dudukan untuk berputar) merupakan gerakkan robot pada seluruh lengan dari sisi ke sisi (kiri ke kanan atau kanan ke kiri) yang disebut lengan yaw.

2. Shoulder Flex (bahu atas-bawah) merupakan gerakan robot pada bahu (*shoulder*) bergerak ke atas dan ke bawah disebut *shoulder pitch*.
3. Elbow Flex (lengan atas-bawah) merupakan gerakan robot pada lengan (*elbows*) bergerak ke atas dan ke bawah disebut *shoulder pitch*.
4. Writs merupakan gerakan robot yang akan bergerak sesuai sumbu 3 DOF, sebagai berikut:
 - a. *Wrist Pitch* (pergelangan atas-bawah) merupakan suatu gerak tanpa menggerakkan bahu (*shoulder*) atau siku (*elbows*), dimana pergelangan tangan bergerak ke atas dan ke bawah disebut *writs pitch* dikenal sebagai tikungan pergelangan tangan (rotasi dalam bidang vertikal melalui lengan).
 - b. *Wrist Yaw* (pergelangan sisi kiri-kanan) merupakan suatu perubahan gerak tanpa menggerakkan bahu (*shoulder*) atau siku (*elbows*), dimana pergelangan tangan fleksibel bergerak ke kiri dan ke kanan disebut *writs yaw* (rotasi dalam bidang horizontal melalui lengan).
 - c. *Wrist Roll* (pergelangan berputar) merupakan suatu lengan berpindah tanpa menggerakkan bahu (*shoulder*) atau siku (*elbows*), dimana pergelangan tangan fleksibel bergerak putar pergelangan tangan, seolah-olah sedang memutar kenop pintu. Rotasi pergelangan tangan disebut gulungan pergelangan tangan berputar, dimana akan melibatkan rotasi mekanisme pergelangan tangan sumbu lengan (rotasi dalam bidang tegak lurus terhadap lengan ujung).

2.2.1 Revolute Joint (Sendi Putar)

Revolute joint (sendi putar) atau juga dikenal sebagai sendi engsel (*hinge joint*) adalah jenis artikulasi mekanik berputar pada satu sumbu yang tetap, seperti sumbu yang miring atau tegak, dimana dalam implementasi seperti pada robot industri, robot beroda, dan robot berkaki agar bergerak dan berpindah posisi, atau tangan robot bergerak dan memegang benda (Piltan *et al.* 2016).

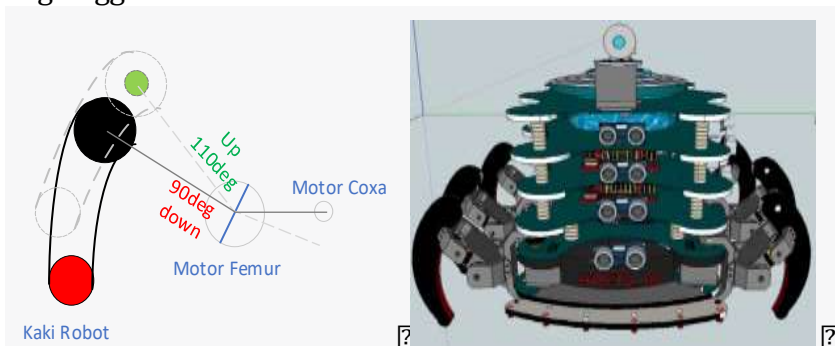


Gambar 2.27. Model artikulasi mekanik secara *revolute joint*
(Sumber : *doc.comsol.com*)

Penampilan yang ditunjukkan dari Gambar 2.27 merupakan *Revolute joint* yang dapat dikendalikan dengan berbagai cara, seperti dengan menggunakan motor stepper atau servo motor, atau bahkan dengan menggunakan sistem hidrolik atau pneumatik. Kombinasi berbagai perangkat pendukung seperti sensor posisi dan sensor kecepatan untuk memastikan bahwa gerakan putar yang diinginkan tercapai dengan presisi dan kontrol yang tinggi. *Revolute joint* dikenal sebagai sendi putar, adalah salah satu jenis sendi mekanik yang umum digunakan pada robot yang bergerak

seperti putaran antara dua link atau elemen pada robot. Cara kerja *revolute joint* pada robot melibatkan sebuah sumbu putar yang terletak di sepanjang sumbu rotasi sendi (Gambar 2.27). Ketika motor pada sendi diaktifkan, sumbu putar akan berputar dan link-link yang terhubung pada kedua sisi sendi akan bergerak bersamaan dalam gerakan putar. *Revolute joint* biasanya digunakan pada robot dengan jumlah derajat kebebasan (*Degree of Freedom/DOF*) yang rendah, seperti pada robot SCARA atau robot pemasangan. Beberapa aplikasi *revolute joint* pada robot meliputi gerakan tangan, pergelangan tangan, atau siku yang berputar.

Secara umum, *revolute joint* merupakan solusi yang fleksibel dan efisien untuk memastikan bahwa bagian-bagian robot bergerak dan berkoordinasi dengan baik, dan memungkinkan robot untuk melakukan gerakan putar dengan presisi dan efisiensi yang tinggi.



Gambar 2.28. Contoh penerapan sendi putar pada robot berkaki
(Sumber : Ramdani et al. 2019)

Pada Gambar 2.28 merupakan contoh robot dari model artikulasi mekanik pada *revolute joint*, dimana robot berkaki satu atau dua untuk memungkinkan kaki bergerak dan berpindah posisi.

Penggunaan *revolute joint* pada robot memiliki beberapa keuntungan, seperti kemampuan untuk melakukan gerakan putar

pada satu sumbu, efisiensi energi yang tinggi, dan kemampuan untuk menahan beban yang lebih berat daripada sendi lain seperti *planar joint*. Namun, kekurangan *revolute joint* adalah gerakan yang terbatas hanya pada satu sumbu rotasi, sehingga terbatas dalam beberapa aplikasi yang memerlukan gerakan kompleks pada lebih dari satu sumbu rotasi. Berikut adalah beberapa keuntungan dan kerugian dari *Revolute Joint* (Sendi putar) dalam robotika:

Keuntungan:

1. Gerakan yang fleksibel memungkinkan robot bergerak dalam bidang satu dimensi, seperti gerakan pada derajat tertentu dalam melakukan tugasnya seperti memegang objek, membuka atau menutup pintu, dan memutar benda.
2. Kontrol yang presisi dapat dikendalikan dengan presisi tinggi menggunakan motor stepper atau servo pada gerakan yang diinginkan akan tercapai dengan akurasi yang tinggi.
3. Daya tahan yang baik dan mampu menahan beban berat selama tugas-tugas berat.
4. Desain yang sederhana, sehingga lebih efisien dan hemat biaya dibandingkan dengan jenis artikulasi lain.

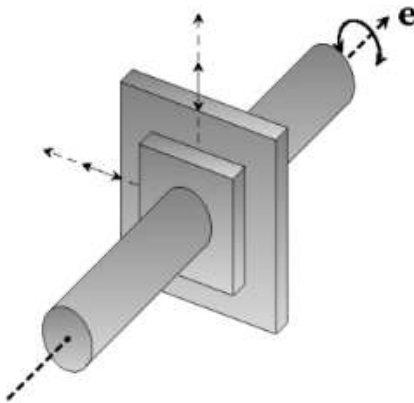
Kerugian:

1. Gerakan yang terbatas memungkinkan gerakan dalam bidang satu dimensi, yaitu gerakan memutar dan robot tidak dapat bergerak secara bebas dan memiliki beberapa batasan dalam hal gerakan yang diperbolehkan.
2. Desain yang kompleks menjadi lebih kompleks dan mahal dibandingkan dengan jenis artikulasi lain, terutama jika memerlukan kontrol yang presisi dan daya tahan yang tinggi.
3. Pemeliharaan yang berulang pada bagian-bagian robot bergerak dengan baik dan memiliki daya tahan yang tinggi.

2.2.2 Planar Joint (Sendi Bidang)

Planar joint (sendi bidang) adalah jenis artikulasi mekanik yang memungkinkan bagian-bagian robot untuk bergerak linier dalam bidang datar yang ditentukan, seperti gerakan miring atau berputar pada sumbu yang tetap. Model *planar joint* terdiri dari dua bagian, yaitu bagian pertama yang dilapisi dengan bahan bertekanan tinggi, seperti baja atau alumunium, dan bagian kedua terhubung dengan bantalan guling atau bantalan rol.

Pada *Planar Joint* memiliki dua derajat kebebasan translasi dan satu rotasi antara kedua komponen bebas translasi relatif satu sama lain dalam bidang tegak lurus terhadap sumbu sendi, dan bebas berputar pada sumbu tersebut.



Gambar 2.29. Model artikulasi mekanik secara *planar joint*
(Sumber : doc.comsol.com)

Berdasarkan pada Gambar 2.29 yang memperlihatkan model artikulasi mekanik untuk *planar joint*, dimana sendi tersebut memiliki gerak bebas yang relatif terhadap batas sumber dalam bidang tegak lurus berpusat pada suatu sumbu sendi dan bebas berputar relatif hingga mencapai batas sumber dari sumbunya. Beberapa keuntungan dan kerugian dari Planar Joint:

Keuntungan:

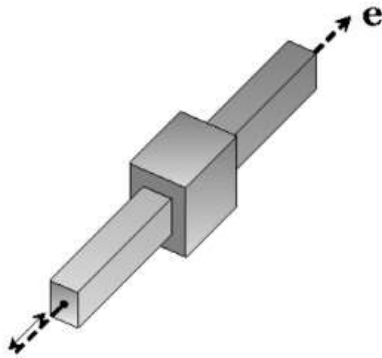
1. Kinerja yang baik dalam gerakan translasi dalam melakukan gerakan translasi, seperti bergerak ke atas dan ke bawah atau ke kiri dan ke kanan.
2. Desain yang sederhana dan mudah diatur, sehingga memudahkan proses pemasangan dan perawatan.
3. Dibandingkan dengan sendi lainnya, Planar Joint memiliki biaya produksi yang rendah, sehingga lebih ekonomis.

Kerugian:

1. Planar Joint memiliki daya tahan yang rendah dan tidak cocok untuk memikul beban yang berat.
2. Planar Joint hanya memiliki kinerja yang baik pada gerakan translasi dan kurang baik pada gerakan rotasi.
3. Planar Joint memiliki risiko kerusakan lebih tinggi dibandingkan dengan sendi lainnya karena kinerjanya yang lebih terbatas.

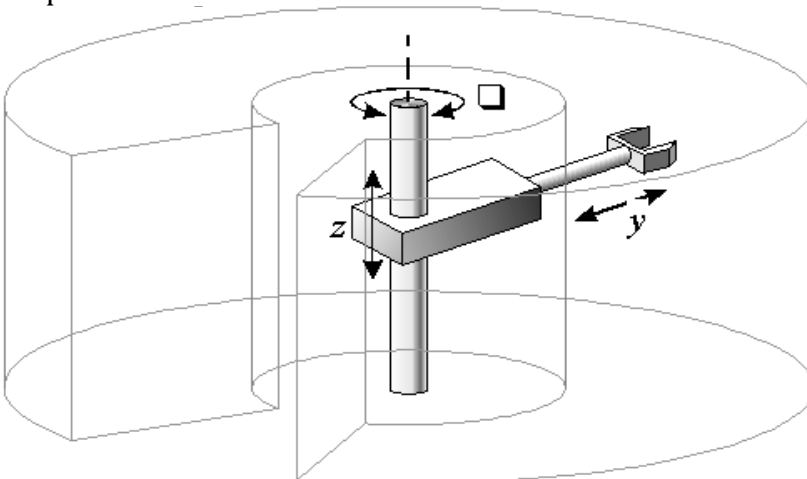
2.2.3 Prismatic Joint (Sendi Meluruskan)

Prismatic Joint disebut sebagai translasi atau *sliding joint* (sendi geser), ditandai dengan adanya satu tingkat fleksibilitas melakukan gerak secara translasi antara dua komponen yang terkait seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.30. Sehingga sepanjang sumbu sambungan, tidak memiliki batasan jumlah geser relatif atau translasi antar komponen. Sendi geser (sendi *prismatic*) memungkinkan robot bergerak, dimana menggunakan model sendi prismatic untuk arah aksial langsung secara linier. Gerakan linier tidak lazim seperti pada sendi putar, tetapi penerapan sendi prismatic sangat banyak aplikasinya dalam bidang robotika.



Gambar 2.30. Model artikulasi mekanik secara *prismatic joint*
(Sumber : doc.comsol.com)

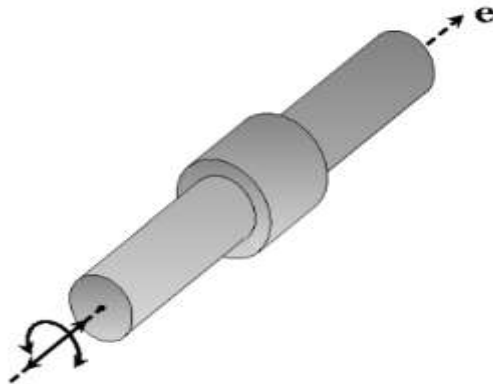
Baik sendi bola dan soket dan sendi berengsel dapat dilihat pada robot berbentuk silinder di Gambar 2.31. *Grabber* diberi kapasitas untuk berputar di sekitar sumbu karena *spherical joint*, sedangkan ketinggian dan jangkauan *grabber* diatur oleh sendi linier pada sumbu Y dan Z.



Gambar 2.31. Ilustrasi jangkauan kerja pada model *prismatic joint*
(Sumber : doc.comsol.com)

2.2.4 Cylindrical Joint (Sendi Silinder)

Cylindrical joint adalah jenis artikulasi mekanik yang memungkinkan gerakan rotasi sekitar satu sumbu dan translasi sepanjang sumbu tersebut. Artikulasi ini mirip dengan *revolute joint*, namun ditambahkan dengan kemampuan translasi. *Cylindrical joint* sering digunakan pada mekanisme robot yang membutuhkan gerakan translasi dan rotasi, seperti pada mekanisme robot lengan yang membutuhkan gerakan mengangkat dan menjulurkan benda. *Cylindrical Joint* memungkinkan satu derajat fleksibilitas untuk bergerak secara translasi dan satu derajat kebebasan untuk rotasi antara dua komponen yang terdapat pada suatu sendi. Komponen dapat bergerak bebas saling tergantung satu sama lain di sepanjang sumbu sendi, yang melakukan suatu gerak rotasi (lihat Gambar 2.32). Sendi silinder (*cylindrical joint*) diasumsikan sebagai kombinasi dari sendi prismaatik dan sendi engsel/berputar.



Gambar 2.32. Model artikulasi mekanik secara cylindrical joint
(Sumber : doc.comsol.com)

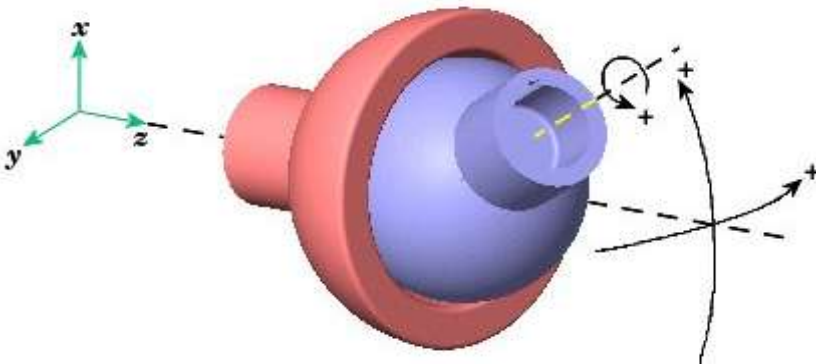
Cylindrical joint umumnya terdiri dari dua bagian yaitu link yang ditempatkan sejajar dengan sumbu translasi, dan link yang dihubungkan secara tegak lurus dengan link pertama yang memungkinkan rotasi sekitar sumbu tersebut. Pada

penggunaannya, translasi dan rotasi dapat dikontrol secara terpisah atau bersamaan tergantung pada kebutuhan aplikasi.

2.2.6 *Spherical Joint* (Sendi Bola)

Spherical Joint atau Sendi Bola adalah jenis sendi atau joint pada robotika yang memungkinkan gerakan bebas di sekitar tiga sumbu koordinat yang saling tegak lurus. Sendi bola digunakan untuk menghubungkan dua link atau elemen mekanik pada robot, sehingga satu link dapat bergerak bebas dalam lingkup gerakan bola pada link yang lain.

Sendi bola sering digunakan pada robot yang membutuhkan gerakan bebas dalam berbagai arah, seperti pada lengan robot untuk memungkinkan robot menjangkau posisi yang sulit dijangkau. Sendi bola juga dapat digunakan pada kaki robot untuk memungkinkan robot beradaptasi dengan permukaan yang tidak rata, serta pada kepala robot untuk memungkinkan robot melihat ke berbagai arah.



Gambar 2.33. Model artikulasi mekanik secara *spherical joint*
(Sumber : Piltan et al. 2016)

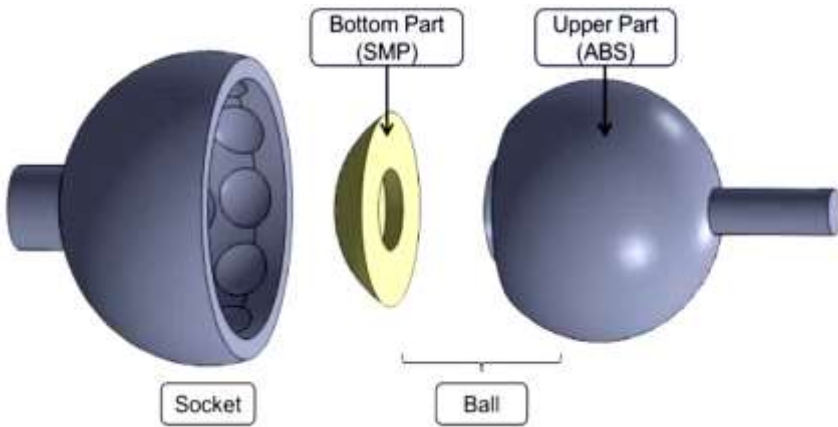
Pada Gambar 2.33 adalah *Spherical Joint* yang terdiri dari sebuah bola atau permukaan yang cembung pada satu link dan sebuah soket atau permukaan yang cekung pada link yang lain.

Bola pada satu link dimasukkan ke dalam soket pada link yang lain, dan digerakkan oleh motor atau aktuator pada sendi tersebut. Gerakan dari satu sendi bola dapat diubah menjadi gerakan yang diinginkan pada robot dengan menggunakan gearbox atau transmisi yang sesuai.

Keuntungan dari penggunaan sendi bola adalah gerakan yang bebas dan dapat diatur pada tiga sumbu koordinat yang saling tegak lurus, sehingga memungkinkan robot untuk melakukan gerakan yang sangat fleksibel. Namun, kerugian dari sendi bola adalah desain dan pembuatan yang kompleks, serta kelemahan pada kekuatan dan presisi gerakan jika dibandingkan dengan jenis sendi yang lebih sederhana.

2.2.7 Ball and Socket Joint (Sendi Bola dan Soket)

Dalam ilmu robotika, "*ball and socket joint*" (sendi bola dan soket) adalah jenis sendi yang memungkinkan pergerakan rotasi bebas pada berbagai arah, sehingga bola dapat bergerak dengan bebas dalam cekungan. Sendi dengan model yang memiliki tingkat kekakuan yang baik didasarkan pada sendi bola, dimana bola dan soket terbuat dari *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dan *Shape Memory Polymer* (SMP). Oleh karena itu sendi tersebut lebih dikenal dengan sebutan sendi bola dan soket. Berbeda dengan sendi putar yang telah dijelaskan sebelum, dimana sendi bola dirancang ulang untuk menggabungkan SMP sebagai penahan bola dengan diameter bola tidak sama dengan diameter tutup bola. SMP dimasukkan dan ditempatkan ke dalam *ball joint* (sendi bola) yang menghasilkan momen penguncian antara bola dan soket.



Gambar 2.34. Komponen utama dari Sendi Bola dan Soket
(Sumber : Yang et al. 2016)

Pada

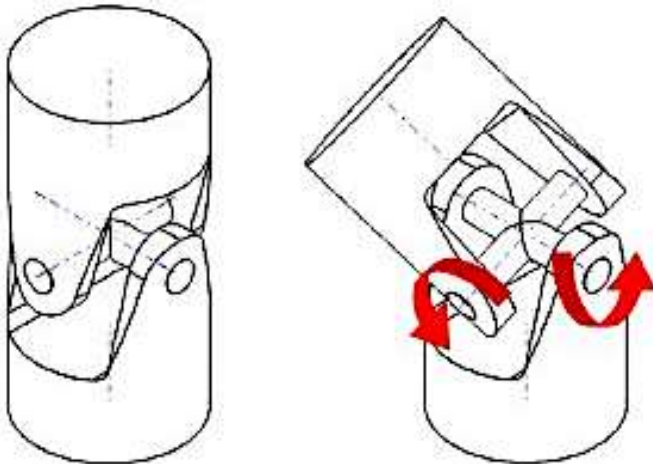
Gambar 2.34 bahwa sendi memiliki bola kecil di ujung satu bagian dan cekungan berbentuk soket di ujung yang lain sendi bola dan soket yang terdiri dari tiga komponen berbeda, yaitu: soket, bola, dan SMP. Sendi bola dan soket umumnya digunakan pada robot yang membutuhkan fleksibilitas dalam pergerakan. Contoh penggunaannya adalah pada lengan robotik, di mana sendi bola dan soket memungkinkan lengan untuk bergerak bebas dalam berbagai arah untuk mencapai posisi yang diinginkan. Sendi bola dan soket juga dapat digunakan pada kaki robotik untuk memungkinkan pergerakan fleksibel dan stabil dalam berbagai medan yang berbeda.

Selain itu, sendi bola dan soket juga dapat ditemukan pada robot humanoid, di mana mereka memungkinkan robot untuk melakukan gerakan manusia yang kompleks, seperti mengangkat benda, meraih dan melepaskan objek, serta berjalan dengan mudah di berbagai medan.

Dalam pengembangan robot, sendi bola dan soket biasanya dibuat dengan bahan tahan lama dan presisi tinggi untuk memastikan kinerjanya yang andal dan tahan lama. Selain itu, perancang robot juga harus mempertimbangkan faktor seperti berat, kekuatan, dan ukuran sendi untuk memastikan bahwa robot dapat bergerak dengan cepat dan efisien dalam tugas-tugas yang diberikan.

2.2.8 *Universal Joint* (Sendi Universal)

Universal joint (sambungan universal) pada robot adalah jenis artikulasi mekanik yang memungkinkan gerakan rotasi pada dua sumbu yang saling tegak lurus satu sama lain. Artikulasi ini juga dikenal sebagai Cardan joint, dan sering digunakan pada mekanisme robot yang membutuhkan gerakan bebas pada beberapa sumbu, seperti pada mekanisme kaki robot.



Gambar 2.35. Model artikulasi mekanik secara *universal joint*
(Sumber : Bayani et al. 2015)

Berdasarkan Gambar 2.35, *Universal joint* terdiri dari dua bagian yaitu yoke (bentuk seperti huruf Y) dan dua pin atau bola yang ditempatkan pada setiap ujung yoke. Dua pin tersebut

ditempatkan pada sudut 90 derajat terhadap satu sama lain dan memungkinkan gerakan rotasi pada sumbu masing-masing. Pada penggunaannya, *universal joint* memungkinkan gerakan rotasi pada dua sumbu secara independen, sehingga memungkinkan fleksibilitas dalam pengaturan gerakan robot.

Namun, kelemahan dari *universal joint* adalah adanya gerakan penyimpangan, yang dapat menyebabkan kesalahan posisi dan kehilangan presisi pada gerakan robot. Oleh karena itu, universal joint biasanya digunakan pada aplikasi robotik yang tidak memerlukan presisi tinggi dalam pengaturan posisi dan gerakan robot.

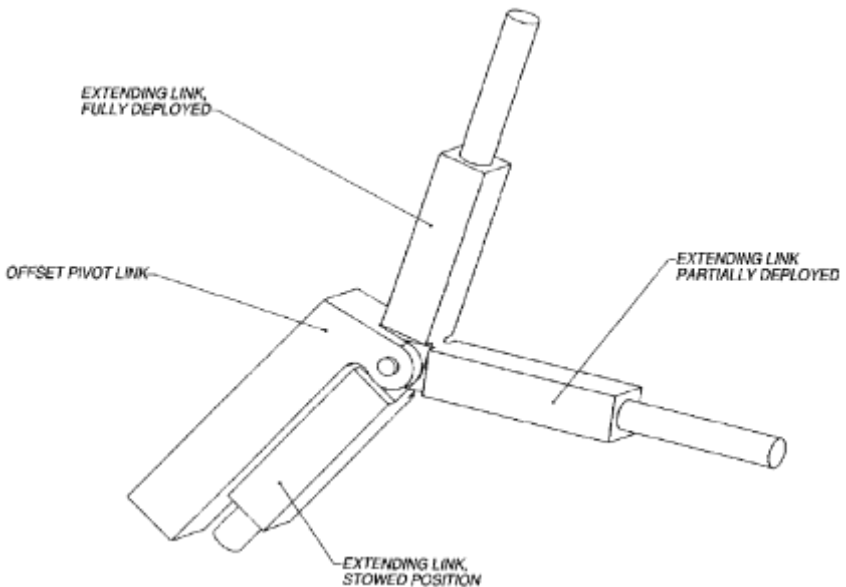
2.3 Konfigurasi Lengan Robot

Pada struktur robot lengan terdiri dari; mainframe yang disebut lengan (*arm*) dan pergelangan (*wrist*). Lengan tersusun atas serangkaian *link* (sambungan), dimana *link* yang satu dengan *link* lainnya yang dihubungkan dengan *joint* (sendi). Join yang menghubungkan dua link dan joint membentuk satu derajat kebebasan atau *Degree of Freedom* (DOF). Joint tersebut dapat berupa *revolute joint* (gerak berputar), *prismatic joint* (gerak bergeser). Sedangkan pada pergelangan tangan, dipasang end effector yang dapat berupa gripper, wielding tource, wielding gun, cutter/pahat yang bisa dipakai untuk proses milling atau peralatan lainnya.

2.3.1 Arms

Tata letak utama lengan bergerak dengan 3 DOF adalah Cartesian, silinder, dan polar (atau bulat). Secara umum kerja robot menggambarkan geometri volume yang dapat dijangkau oleh manipulator dan mengarahkan gripper ke posisi apa pun (Hanafusa 1982). Namun, beberapa lebih cocok untuk digunakan pada robot daripada yang lain. Beberapa hanya menggunakan gerakan geser, sementara yang lain hanya mengandalkan sendi berputar, sementara yang lain menggunakan keduanya. Secara

umum, *pivoting joint* lebih tahan lama daripada *sliding joint*, meskipun dengan desain yang tepat, *sliding* atau *extending joint* dapat digunakan secara efisien untuk aplikasi tertentu (Rsetam *et al.* 2020). Sendi berputar membatasi kapasitas manipulator untuk mengakses setiap sentimeter kubik kemasan untuk bekerja karena "siku (*elbow*)" tidak dapat melipat sepenuhnya kembali pada kemampuan gerak robot sendiri. Jika jangkauan tersebut pada lengan robot tidak dapat mencapai semua gerak kerja robot, maka perlu membuat tambalan mati (*dead patch*) atau seringkali manipulator dilipat. Beberapa proses manipulator menggunakan pengaturan *offset joint* yang lebih efektif seperti terlihat pada Gambar 2.36, yang memungkinkan lengan untuk melipat 180 derajat ke dalam. Ini tidak hanya meminimalkan volume barang yang disimpan, tetapi juga ruang mati. Manipulator dari beberapa robot industri dan kendaraan teleoperated menggunakan desain ini atau yang serupa.

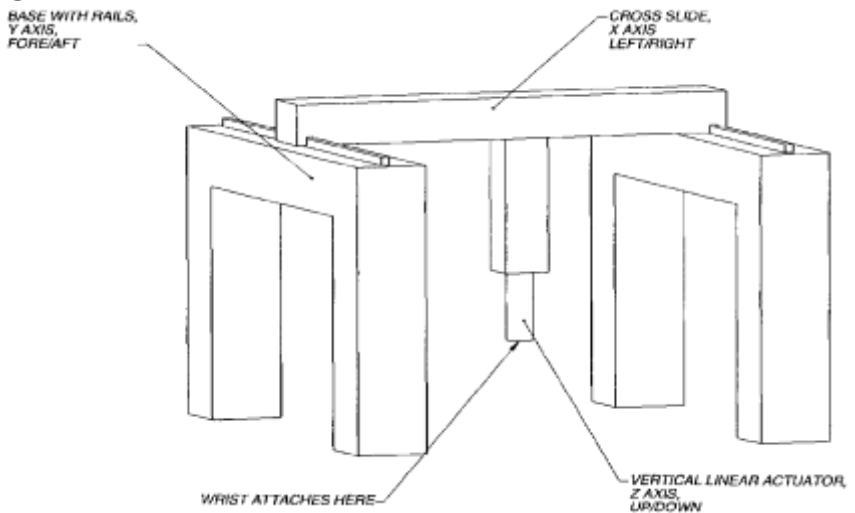


Gambar 2.36. *Offset joint* meningkatkan kerja *spherical joint*

(Sumber : Sandin 2003)

Konfigurasi *Arm Tipe Cartesian* atau *Rectangular*.

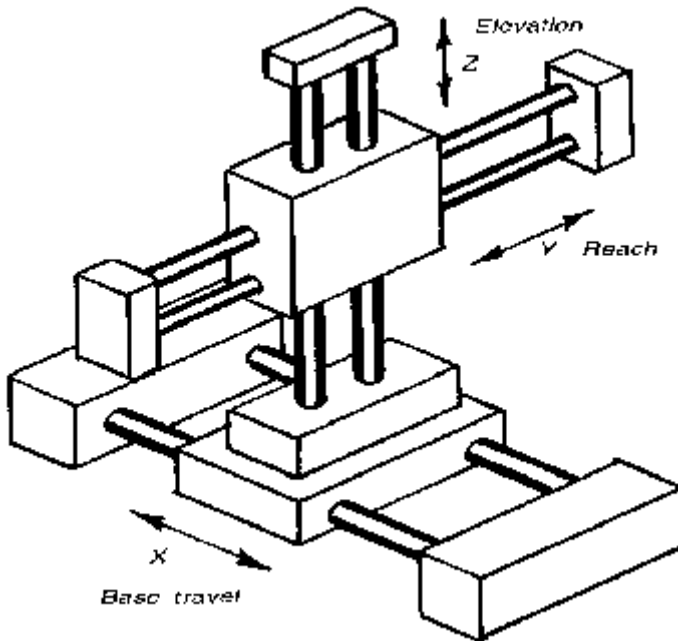
Di dalam proses robot yang bergerak, manipulator biasanya melakukan proses memanjang menggunakan suatu sasis untuk menjangkau misalnya dari bawah hingga ke atas atau melampaui ketinggian tubuh robot. Hal ini menunjukkan bahwa lengan dari robot melakukan manipulator ketika beroperasi di dalam ruang gerak kerjanya atau dari satu sisi. Beberapa konsep manipulator (seperti gantry) pada robot industri beroperasi dari luar jangkauan kerja robot akan menerapkan desain robot secara mobile (dapat bergerak atau berpindah). Gambar 2.37 menunjukkan bahwa manipulator secara persegi panjang atau Cartesian. Model disain pada geometri tersebut menyerupai sistem koordinat XYZ dalam tiga dimensi.



Gambar 2.37. Robot menggunakan trek atau slide
(Sumber : Sandin 2003)

Dipasang di bagian depan robot, dua derajat kebebasan pertama manipulator *Cartesian kantilever* (DOF) dapat bergerak ke kiri / kanan dan atas / bawah; sumbu Y tidak diperlukan pada

robot seluler karena dapat bergerak maju mundur. Gambar 2.38 memperlihatkan desain kantilever dengan tiga DOF. Desain robot tersebut solusi optimal untuk masalah operasi robot dan algoritma kontrol sederhana.

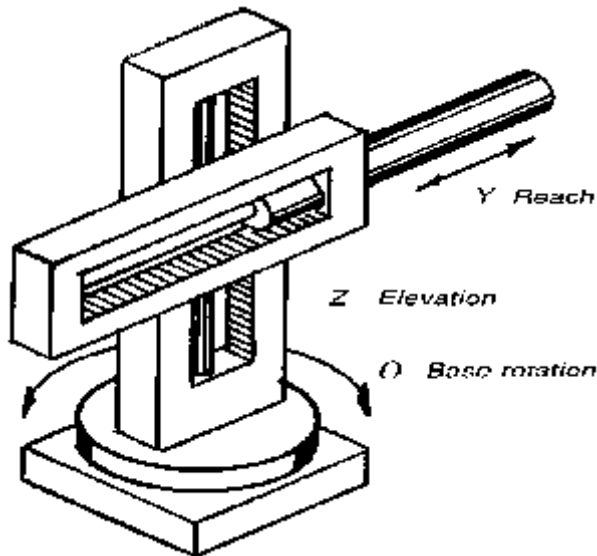


Gambar 2.38. Geometri manipulator model robot *cantilever*
(Sumber : Sandin 2003)

Konfigurasi Arm Tipe *Cylindrical*

Pada konfigurasi tipe silinder adalah bentuk kedua dari jangkauan kerja manipulator. Biasanya, model silinder mencakup alas yang dapat berputar, dan segmen pertama dapat bergerak ke atas dan ke bawah sambil menggerakkan memanjang secara horizontal. Kesulitan menerapkan model silinder adalah membutuhkan dua segmen gerakan linier yang disebabkan oleh beban di ujung lengan atas.

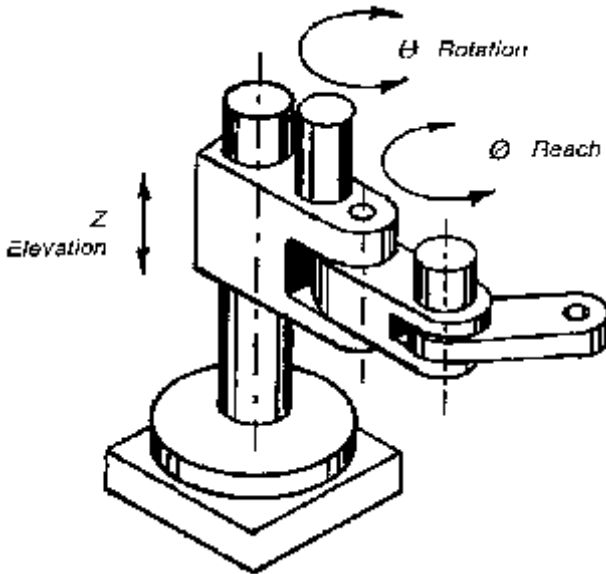
Dalam desain dasar dari model silinder, yaitu, sudut alas atau dasar (*base*) untuk melakukan gerakan berputar dengan sudut pada sasis robot, segmen pertama untuk naikan atau menurunkan tingkat ketinggian, dan segmen kedua untuk memperpanjang atau memperpendek lengan robot. Pada Gambar 2.39 menunjukkan tata letak dasar lengan manipulator tiga-DOF silinder.



Gambar 2.39. Geometri manipulator model robot silinder
(Sumber : Sandin 2003)

Desain SCARA adalah geometri kedua yang mempertahankan jangkauan kerja silinder dengan ruang gerak robot secara karakteristik berbeda dengan model silinder sebelumnya. *Selective Compliant Assembly Robot Arm* adalah singkatan dari SCARA, dimana arah horizontal memiliki gerakan yang sedang, sedangkan arah vertikal memiliki kekakuan (tetap) yang cukup besar sehingga tidak ada perubahan tingkat ketinggian untuk tempat yang tepat dan memberikan sedikit menyulitkan ketidaksejajaran yang mungkin terjadi dalam manipulator SCARA.

Menurut (Education Centre 2015), robot SCARA adalah kombinasi dari dua sumbu rotasi horizontal dan satu linier yang bergerak secara vertikal yang terlihat pada Gambar 2.40.

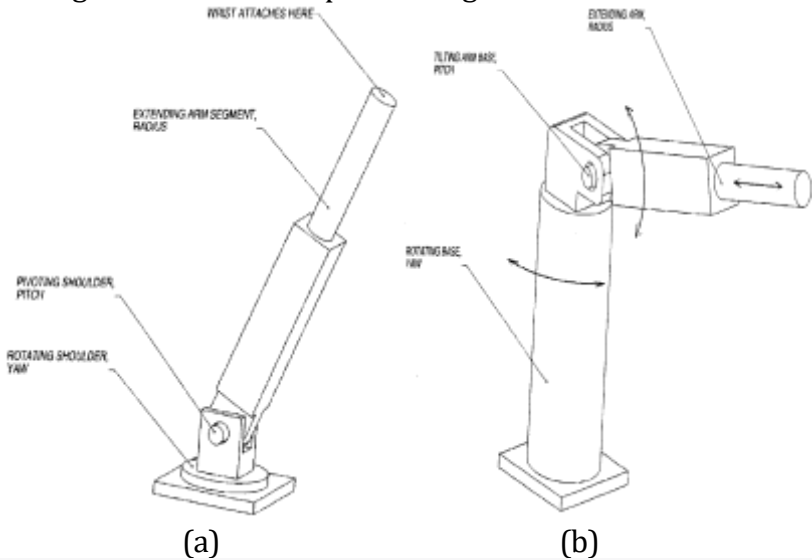


Gambar 2.40. Geometri manipulator model robot SCARA
(Sumber : Sandin 2003)

Konfigurasi Arm Tipe Polar atau Spherical

Geometri Spherical merupakan jenis geometri memiliki berbagai model ketiga pada rancangan desain lengan robot pada umumnya. Dalam konfigurasi ini, kemampuan Gerakan kerja dapat dianggap dapat bergerak pada koordinat jangkauannya yang berada di mana-mana dari jangkauan robot tersebut. Namun, tidak seluruh koordinat lengan robot dapat menjangkau secara nyata. Dengan menggunakan ruang gerak kerja, maka lengan robot dapat menggunakan beberapa metode untuk mengatur gerak lengan robot. Desain lengan robot yang paling dasar adalah alas yang dapat diputar yang membawa atau menggerakkan bagian lengan

yang dapat menjangkau bagian atas dan bawah, serta dapat memanjang dengan melakukan Gerakan lengan akan masuk atau keluar (lihat Gambar 2.41a). Sedangkan proses gerak secara elevasi pada bahu (Gambar 2.41b) membutuhkan modifikasi ruang gerak dari lengan robot dan mempertimbangkan keadaan tertentu.

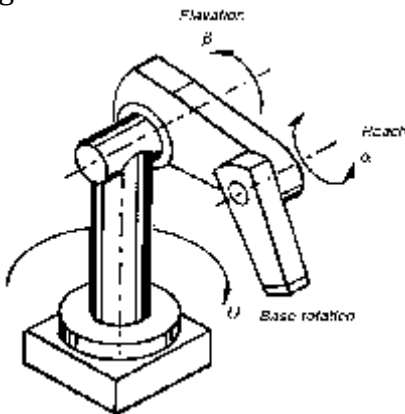


Gambar 2.41. Manipulator koordinat Polar/Spherical (a) disain sederhana, Bahu yang lebih tinggi dengan offset joint pada elbow
(Sumber : Sandin 2003)

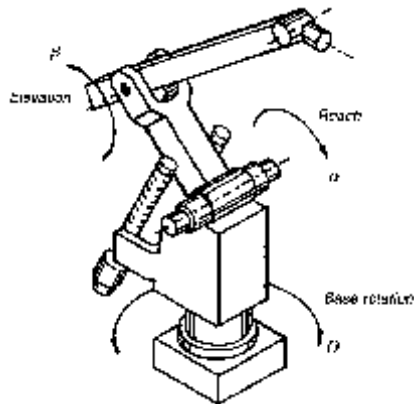
Gambar 2.42a,

Gambar 2.42b, dan

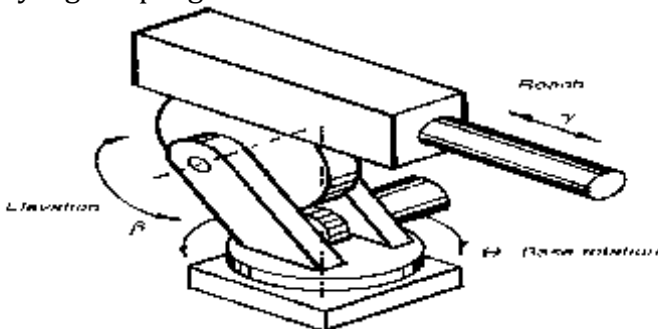
Gambar 2.42c menggambarkan varian manipulator geometri bola.



(a) Sholder tinggi dengan sendi yang tumpang tindih



(b) Articulated polar

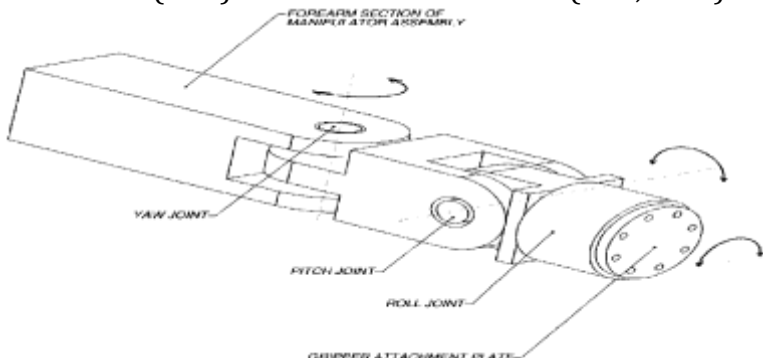
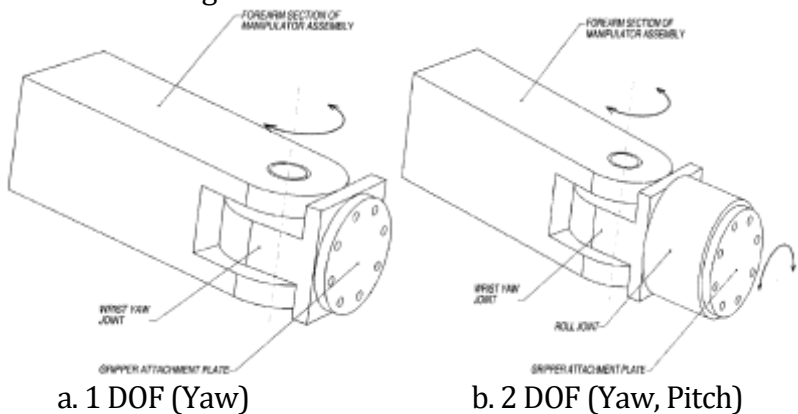


(c) Arm model menara senjata

Gambar 2.42. Manipulator koordinat untuk jenis arm Polar
(Sumber : Sandin 2003)

2.3.2 Lengan (*Wrist*)

Lengan (*Wrist*) manipulator hanya memposisikan titik akhir dengan benar. Lengan yang memberikan gerakan robot untuk memutar, melipat, menjangkau objek. Gerakan ini di sebut dengan derajat kebebasan robot atau jumlah sumbu yang ada pada robot. manipulator terdiri dari beberapa segmen dan sendi (joint). Biasanya, set sendi kedua, pergelangan tangan, diperlukan untuk memposisikan gripper di sudut kanan sepanjang ketiga sumbu. Sendi pergelangan tangan harus berputar secara vertikal, berlawanan arah jarum jam, dan lateral. Mereka juga harus pitch, roll, dan yaw. Ini dimungkinkan dengan memanfaatkan sendi bola-dan-soket seperti pinggul tetapi mengatur dan memberi daya pada jenis ini menantang.



d. 3 DOF (Yaw, Pitch, Roll)

Gambar 2.43. Disain lengan bentuk 3D
(Sumber : Sandin 2003)

Mayoritas pergelangan tangan mencakup tiga sendi yang berbeda. Gambar-gambar berikut menunjukkan pergelangan tangan penting dengan satu DOF (Gambar 2.43a), dua DOF (Gambar 2.43b), dan tiga derajat kebebasan (DOF (Gambar 2.43c) dengan masing-masing desain dibangun pada yang terakhir. Urutan derajat kebebasan di pergelangan tangan secara signifikan memengaruhi kegunaan pergelangan tangan dan harus dipilih dengan hati-hati, terutama untuk pergelangan tangan hanya dengan satu atau dua DOF.

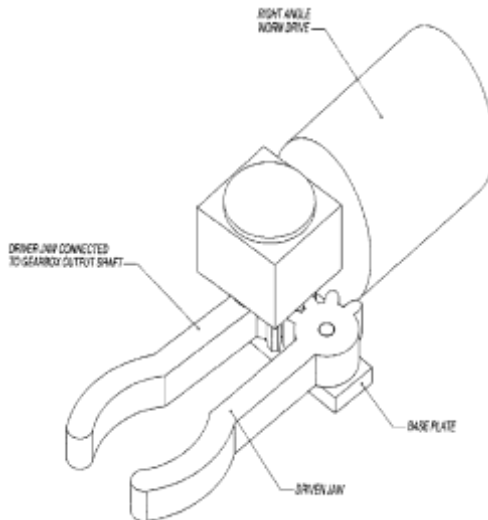
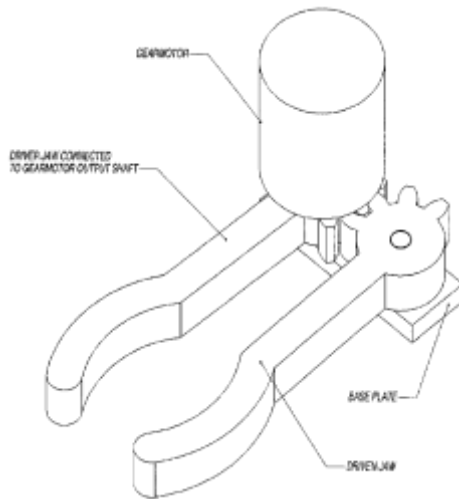
2.3.3 End Effect atau Gripper

Akhir dari manipulator adalah bagian yang digunakan pengguna atau robot untuk mempengaruhi lingkungan. Di dunia robot, umumnya ujung pergelangan tangan adalah *end-effector* dari *arm Robot* yang dapat pindah ke berbagai posisi dalam batas-batas jangkauan kerjanya. *End-effector* adalah nama lain dari *gripper* dan dipasang di pergelangan tangan robot standar yang dapat melakukan berbagai macam aplikasi tergantung pada efektor akhir yang dipasang robot. Disebut sebagai *gripper* karena perannya yang khas ketika dipasang pada robot untuk mengambil benda termasuk benda yang berbahaya atau mencurigakan. Griper bergerak dengan memutar, sementara fungsi lainnya untuk membawa benda padat seperti kaleng bir. Gripper otonom memiliki masalah, dimana sulit menjepit atau memegang benda yang dapat mudah hancur Ketika robot akan menjepit terlalu kuat pada benda tersebut. Oleh karena itu, membutuhkan ketelitian dari robot sebelum menjepitnya sehingga dapat menentukan seberapa sulit benda dapat ditangani tanpa menjatuhkan atau menghancurkan benda tersebut. Bahkan jenis robot semi-otonom akan mengalami kesulitan menggunakan gripper dengan benar

atau tepat ketika seseorang mengendalikan. Berdasarkan permasalahan tersebut, membutuhkan model desain gripper dan informasi lebih detail tentang berbagai objek atau benda-benda yang akan diperlukan oleh gripper untuk dijepit. Informasi yang dibutuhkan untuk merancang gripper yang tepat seperti berat benda, ukuran benda, bentuk benda, dan sebagainya harus dipertimbangkan. Sedangkan dalam mendisain gripper membutuhkan beberapa model. Ada beberapa jenis geometri gripper fundamental terdiri dari dua rahang (*jaw*) yang digabungkan sehingga menggerakkan pangkal satu rahang (*jaw*) memutar rahang (*jaw*) lainnya. Dengan melakukan ini, kedua rahang disatukan. Baik aktuator linier (

Gambar 2.44a) yang terpasang pada poros keluaran gearbox motor atau penggerak sudut kanan (

Gambar 2.44b) yang menggerakkan motor penggerak keluar dari jalur gripper adalah opsi yang layak untuk menggerakkan rahang (*jaw*). Namun desain tersebut memiliki kelemahan ketika rahang (*jaw*) terus-menerus akan miring satu sama lain, yang cenderung memaksa benda yang digenggam akan keluar dari rahang (*jaw*).



(a) Swinging Jaw

(b) Gripper dengan gearmotor

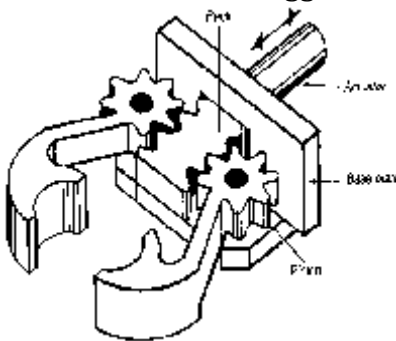
Gambar 2.44. Drive langsung untuk gripper sederhana
(Sumber : Sandin 2003)

Gripper rahang (*jaw*) paralel memiliki pengaturan rahang yang lebih efisien dengan menambahkan beberapa koneksi tambahan pada ke dua jari untuk menciptakan hubungan empat batang yang menjaga rahang sejajar satu sama lain untuk menjaga objek akan menjepit benda sampai tertutup/terjepit. Dengan aktuator secara linier dapat menggerakkan satu atau kedua rahang lurus ke suatu arah dan menjauh satu sama lain, dimana

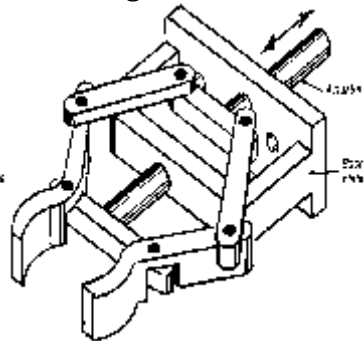
Gambar 2.45a,

Gambar 2.45b, dan

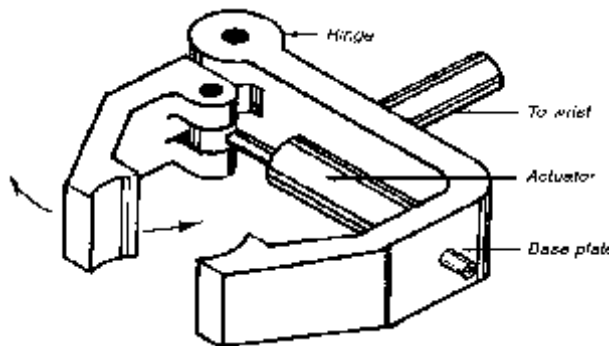
Gambar 2.45c menggambarkan konfigurasi tersebut.



(a) Rack and pinion



(b) Reciprocating lever



(c) Linear actuator direct

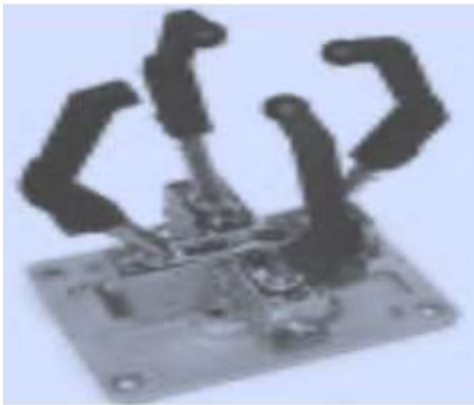
Gambar 2.45. Disain penggerak Gripper

(Sumber : Sandin 2003)

Robot belum siap untuk operasi ketika tidak memiliki "Tangan" yang digunakan untuk menggenggam, menjepit, mengangkat, mengelas, mengecat dan banyak lagi. Jenis gripper yang paling umum adalah tipe dua jari, seperti yang terlihat pada gambar sebelumnya. Ada beberapa jenis jari yang mampu melakukan tugas yang lebih kompleks diatas, terdapat beberapa model menjepit yang dapat dilakukan oleh efektor akhir (end-effector) seperti yang ditunjukkan sebagai berikut:

Model Mekanis dengan Multiple fingered grippers

Mekanika gripper adalah jari-jari gripper menutup terhadap objek dengan gaya mekanis yang cukup untuk menahan objek dengan kuat terhadap gravitasi dan gaya gerakan. Namun, gripper menyebabkan kerusakan pada benda yang akan dijepit. Komponen penggerak menggunakan motor servo, pneumatik, atau hidraulik dapat memberi daya pada grippers seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.46.



Gambar 2.46. Model Gripper mekanis dengan banyak jari

(Sumber : Education Centre 2015)

Model Gripper Magnetik

Grippers magnetik digunakan untuk menangani bahan besi memanfaatkan sebuah magnet elektromagnetik secara permanen. Elektromagnetik dapat mengambil dan melepaskan benda yang akan dipindahkan dengan menghidupkan dan mematikan magnet sehingga objek tidak bisa lepas atau dijatuhkan dari magnet. Contoh model gripper magnetic dapat dilihat pada Gambar 2.47.



Gambar 2.47. Model Gripper Menggunakan Magnetik
(Sumber : Education Centre 2015)

Model Gripper menggunakan Vakum

Vakum melingkar atau gelas hisap yang terbuat dari plastik atau karet membentuk grippers. Teknik yang dilakukan adalah menekan bahan yang akan diangkat, sehingga udara ditarik keluar melalui pompa, menciptakan efek melekatkan objek dengan gaya hisap memungkinkan objek diangkat. Model gripper menggunakan vakum membutuhkan keseimbangan sehingga berat objek akan terpusat gravitasi, selain itu perlu menentukan jumlah cangkir hisap yang akan digunakan.

Untuk pengisapan yang efektif, objek yang akan diangkat harus memiliki permukaan datar, bersih dan objek yang relatif halus. Melepaskan bagian setelah mencapai tujuannya berarti menetralkan ruang hampa udara dan memungkinkan udara masuk ke bantalan hisap (Gambar 2.48).



Gambar 2.48. Model Gripper menggunakan Vakum
(Sumber : Education Centre 2015)

DAFTAR PUSTAKA

- Baghli, F.Z., bakkali, L. El & Lakhal, Y., 2015. Multi-input Multi-output Fuzzy Logic Controller for Complex System: Application on Two-links Manipulator. *Procedia Technology*, 19, pp.607–614.
- Barreto, G., 2021. Basics: How Do I Choose a Robotic Arm? *Robot Shop Community*. Available at: <https://community.robotshop.com/tutorials/show/basics-how-do-i-choose-a-robot-arm>.
- Bayani, S., Rastegari, R. & Samavati, F.C., 2015. Design of hyper redundant robot using ball screw mechanism approach. In *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, AIM*. pp. 1271–1276.
- Brusa, E., 2015. *Mechatronics: Principles, technologies and applications*, Nova Science Publishers, Inc.
- Christie, D.A., Kusuma, T.M. & Musa, P., 2017. Chess piece movement detection and tracking, a vision system framework for autonomous chess playing robot. In *2nd International Conference on Informatics and Computing, (ICIC)*. pp. 1–6.
- Education Centre, G., 2015. Applied Control Technology Introduction to Robotics. *Applied Control Technology, Introduction to Robotics*, 3(SEPT), p.53. Available at: [https://www.t4.ie/Technology/Resources - Options/Control_Technology/Introduction to Robotics.pdf](https://www.t4.ie/Technology/Resources-Options/Control_Technology/Introduction%20to%20Robotics.pdf).
- Hanafusa, H., 1982. ROBOT MECHANICS AND CONTROL. *Nippon Kikai Gakkai Ronbunshu, C Hen/Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part C*, 48(435), pp.1663–1668.
- Jatmiko, W. et al., 2012. *Robotika: Teori dan Aplikasi*, Universitas Indonesia.

- Piltan, F. et al., 2016. Research on Oscillation-Free Robust Control for Active Joint Dental Automation. *International Journal of Hybrid Information Technology*, 9(11), pp.285–302.
- Putri, D.C. et al., 2018. Visual based path detection for obstacle avoidance. In *3rd International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*. IEEE, pp. 1–5.
- Ramdani, M. et al., 2019. Pengembangan Robot Pemadam Api Berkaki “Uroita-18.” *Ejournal Kajian Teknik Elektro*, 3(1), pp.83–94.
- Rsetam, K., Cao, Z. & Man, Z., 2020. Cascaded-Extended-State-Observer-Based Sliding-Mode Control for Underactuated Flexible Joint Robot. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(12), pp.10822–10832.
- Sandin, P., 2003. *Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated*, Available at: http://cache.ourdev.cn/bbs_upload489681/files_25/ourdev_531276.pdf%5Chttp://www.btcjzx.com:82/tushu/book/book73/2009976099763.pdf.
- Savatekar, R.D. & Dum, A.A., 2016. Design Of Control System For Articulated Robot Using Leap Motion Sensor. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3(3), pp.1407–1417.
- Sharkey, N. & Sharkey, A., 2009. Electro-mechanical robots before the computer. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 223(1), pp.235–241.
- Siswadi, A.A.P. & Musa, P., 2021. Robot Digital Layanan Informasi Saat Pandemi COVID-19. In *Seminar Nasional Teknologi, Sains dan Humaniora 2021 (SemanaTECH 2021)*. pp. 246–255.
- Yang, Y. et al., 2016. 3D printing of variable stiffness hyper-redundant robotic arm. In *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation*. pp. 3871–3877.

BAB 3

INTERNAL DAN EXTERNAL SENSOR

Oleh Marina Artiyasa

3.1 Pendahuluan

Robot berasal dari kata robota yang artinya pekerja, diperkenalkan oleh Isaac Asimov dalam karyanya pada tahun 1950. Robot kini banyak digunakan untuk pekerjaan berat, berbahaya, berulang dan kotor yang sulit dilakukan orang selama 24 jam sehari. Biasanya digunakan pada robot industri yang digunakan pada lini produksi. Aplikasi lain termasuk proyek pembersihan limbah beracun, eksplorasi bawah air dan luar angkasa, pertambangan, pencarian dan penyelamatan, dan eksplorasi tambang. Baru-baru ini, robot telah memasuki pasar konsumen dalam hiburan, penyedot debu, dan deteksi kebocoran gas..(Kondaxakis *et al.*, 2019)

Pada bagian ini kita membahas sensor, yang sangat membantu robot dalam menyadari keadaan sekitarnya.

Sensor yaitu perangkat yang menerima dan mengukur input fisik dari lingkungannya dan mengubahnya menjadi data yang dapat diinterpretasikan oleh manusia atau mesin. (Lee *et al.*, 2020)

Robot bisa dilengkapi dengan 2 jenis sensor, yaitu internal sensor dan external sensor, dimana establish konfigurasinya pada koordinat axisnya sendiri, dan external sensors, Dimana mesin bisa memposisikan dirinya ke sekitarnya (Chirouze, 1983)

Robot membutuhkan Sensor Robot untuk mengetahui dunia di sekitar mereka, Ada banyak Sensor Robot termasuk ultrasonik, suhu & kelembaban, gaya dan banyak lagi untuk meningkatkan kesadaran robot.(Zong *et al.*, 2018)

Sensor adalah perangkat canggih yang mengukur kuantitas fisik seperti kecepatan atau tekanan dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diukur secara elektrik, Sensor didasarkan pada beberapa prinsip kerja dan jenis pengukuran, hampir semua jenis sensor memancarkan sinyal dan mengukur pantulan untuk melakukan pengukuran.

Sensor memberikan analog ke indera manusia, Mereka dapat memantau fenomena lain yang manusia tidak memiliki sensor eksplisit dan mereka dapat mengukur sifat fisik seperti jarak antara objek.(Graham and Cortés, 2012)

Sensor dapat mengukur keberadaan cahaya dan frekuensi suara, Mereka dapat mengukur kedekatan objek, Mereka dapat mengukur ada tidaknya objek, bantalan, warna dan jarak antar objek.(Graham and Cortés, 2012)

Sensor dapat mengukur orientasi fisik & koordinat objek dalam ruang, mereka dapat mengukur panas, panjang gelombang sinar infra merah atau ultra violet, suhu, besaran dan arah. Sensor dapat mengukur keberadaan dan konsentrasi bahan kimia atau reaktan, Mereka dapat mengukur keberadaan, warna dan intensitas cahaya, Mereka dapat mengukur keberadaan, frekuensi dan intensitas suara.

Keakuratan sangat penting dalam mendeteksi dan melacak objek. Kondisi lingkungan mempengaruhi sensor seperti suhu dan kelembaban, Anda dapat memilih sensor yang dapat digunakan untuk membangun robot.

Klasifikasi sensor

- Sensor menyediakan analog untuk indera manusia dan dapat memantau fenomena lain yang tidak dimiliki manusia dengan sensor eksplisit.
- Sentuhan Sederhana: Merasakan ada atau tidak adanya objek.
- Sentuhan Kompleks: Merasakan ukuran, bentuk, dan/atau kekerasan objek.

- Gaya Sederhana: Mengukur gaya sepanjang sumbu tunggal.
- Kompleks force : Mengukur gaya di sepanjang beberapa sumbu.
- Simple Vision : Mendeteksi tepi, lubang, dan sudut.
- Kompleks vision : Mengenali objek.
- Proximity : Non-kontak deteksi objek.(Duran and del Pobil, 2018)

Sensors bisa mengukur *physical properties*, seperti jarak diantara objek, *the presence of light* dan *frekuensi* suara. Mereka bisa mengukur :

- *Object Proximity*: keberadaan objek bearing, color, jarak diantara 2 objek.
- *Physical orientation*. Koordinat objek di ruang
- *Heat*: Panjang gelombang dari infrared atau cahaya ultra violet, suhu , magnitude, arah.
- *Chemicals*: keberadaan, identitas, dan konsentrasi dari bahan kimia
- *Sound*: keberadaan dari frekuensi suara atau intensitas suara.

Pengontrol gerak, potensiometer, generator tacho, dan encoder digunakan sebagai sensor sendi, sedangkan penginderaan berbasis pengukur regangan digunakan di lokasi efektor akhir untuk kontrol gaya kontak.

3.2 Sensor internal

Internal sensor, adalah jenis sensor yang dipasangkan di dalam body atau badan robot. Sensor internal dibutuhkan supaya bisa mengamati mengamati posisi, kecepatan, dan akselerasi berbagai dengan berbagai sambungan mekanik yang ada pada robot, dan merupakan bagian dari mekanisme servo. (Chirouze, 1983)

3.3 Sensor External

Sensor eksternal dalam robotika mengumpulkan data dari dunia luar termasuk informasi seperti titik kontak antara lengan robot hidrolis dan produk yang sedang dikerjakannya.

3.3.1 Sensor Cahaya



Gambar 3.1. sensor cahaya
Light sensor Source: Unsplash

Sensor cahaya dalam robotika digunakan untuk mendeteksi cahaya dan menciptakan diferensial tegangan. Kamera yang dikendalikan komputer dalam sistem visi robot memungkinkan robot untuk melihat dan menyesuaikan tindakannya. Fotoresistor dan sel Fotovoltaiik adalah dua sensor cahaya yang paling banyak digunakan dalam robot. Phototube, fototransistor, CCD, dan sensor cahaya lainnya jarang digunakan.

Fotoresistor adalah semacam resistor yang resistansinya berubah saat jumlah cahaya menyinarinya; Lebih banyak cahaya berarti lebih sedikit hambatan, dan lebih sedikit cahaya berarti lebih banyak hambatan. Mereka mudah

diintegrasikan ke dalam robotika yang bergantung pada cahaya.

Sel fotovoltaik surya mengubah sinar matahari menjadi listrik. Ini sangat berguna untuk mengembangkan robot surya. Sementara sel fotovoltaik dapat dianggap sebagai sumber energi, itu juga dapat diubah menjadi sensor dengan menggunakan transistor dan kapasitor.

2D & 3D Vision: Gambar visi komputer dua dimensi datar, diskalakan untuk menghitung panjang dan lebar tetapi tidak tinggi. Meskipun lokasi dan posisi elemen bervariasi, visi tiga dimensi memungkinkan robot untuk menentukan orientasi bagian yang harus ditangani dengan lebih efektif. Lengan robot dapat dipandu dengan tepat oleh sistem penglihatan 3D selama perakitan, dan lengan robot dapat memberikan (Giordano, Carlotti and Mazzolai, 2021) berbagai sudut pandang untuk inspeksi perakitan penting.

3.3.2 Sound Sensors



Gambar 3.2. badan robot
Source: Unsplash

Sensor suara dalam robotika bekerja dengan cara yang sama seperti mikrofon, tetapi biasanya terhubung ke sirkuit yang menilai amplitudo suara ke nilai ambang batas dan melaporkan hasilnya ke robot. Suara menjadi lebih keras saat amplitudo meningkat.

Ini bisa berguna untuk robot yang mempelajari satwa liar; Mendeteksi dan mengikuti suara keras bisa menjadi salah satu titik data yang digunakan untuk menemukan satwa liar. Sensor suara untuk pengenalan suara, yang merespons perintah yang diucapkan oleh pengguna, adalah aplikasi yang lebih rumit.

Robot dasar dapat diprogram untuk bepergian dengan mendengarkan suara. Pertimbangkan robot yang membuat satu tepukan ke kanan dan dua tepukan ke kiri. Pengenalan suara dan ucapan keduanya dapat dilakukan menggunakan mikrofon yang sama pada robot yang kompleks. Sensor suara lebih sulit diterapkan daripada sensor cahaya sebagai mereka menghasilkan perbedaan tegangan yang sangat kecil yang harus diperkuat untuk menghasilkan perubahan tegangan yang dapat dilihat. (Penteridis *et al.*, 2017)

3.3.3 Proximity Sensors



Gambar 3.3. robot Wall E yang merupakan tokoh film
Source: Unsplash

Sensor jarak dalam robotika dapat mendeteksi objek di dekatnya tanpa memerlukan sentuhan fisik. Pemancar mengirimkan radiasi elektromagnetik ke sensor di sebelahnya, dan penerima menerima dan menganalisis sinyal umpan balik gangguan. Akibatnya, jumlah cahaya yang diterima di area tersebut dapat dimanfaatkan untuk menentukan ada atau tidaknya objek tetangga. Untuk robot, sensor menyediakan pendekatan penghindaran tabrakan.

Ada banyak jenis sensor jarak, tetapi hanya sedikit yang biasa digunakan dalam robot.

Infrared (IR) transceiver: Setelah rintangan terdeteksi, LED IR mengirimkan berkas cahaya IR yang mencerminkan cahaya yang diterima oleh penerima IR.

Ultrasound Sensor: Sensor ini menghasilkan gelombang suara frekuensi tinggi, dan gema yang direkam menunjukkan bahwa suatu objek telah terganggu. Sensor ultrasound juga dapat digunakan untuk mengukur jarak.

Photoresistor: Meskipun fotoresistor adalah sensor cahaya, fotoresistor juga dapat digunakan sebagai sensor jarak. Ketika suatu objek mendekati sensor, jumlah cahaya berubah, menyebabkan resistensi Photoresistor berubah. Ini adalah sesuatu yang dapat dideteksi dan ditangani.

3.3.4 Tactile Sensors



Gambar 3.4. robot
Source: Unsplash

Sensor taktil adalah perangkat yang menentukan apakah suatu objek bersentuhan atau tidak. Sensor taktil memungkinkan robot untuk "menyentuh dan merasakan" benda-benda biasa seperti rel tangga dan pencahayaan yang meredupkan atau mencerahkan dengan menekan alasnya. Sensor ini digunakan untuk memantau aplikasi dan berinteraksi dengan lingkungan dengan cara yang lembut. Ini dibagi menjadi dua kategori: Sensor Sentuh dan Gaya.

3.3.5 Touch Sensors

Sensor Sentuh dalam robotika, juga dikenal sebagai sensor kontak, adalah perangkat yang dapat mendeteksi dan merasakan sentuhan sensor atau objek. Sakelar mikro, sakelar batas, dan perangkat kecil lainnya sering digunakan. Sebagian

besar sensor ini digunakan oleh robot untuk menghindari rintangan. Ketika sensor ini mendeteksi halangan, robot diberi tugas yang dapat dibalik, diputar, dihidupkan, dihentikan, dan sebagainya.

3.3.6 Force Sensors

Sensor gaya dalam robotika digunakan untuk menghitung gaya yang terlibat dalam berbagai fungsi robot, seperti bongkar muat mesin, manajemen material, dan sebagainya. Sensor ini juga akan meningkatkan proses perakitan untuk pemecahan masalah. Sensor torsi gaya memberi lengan robot perasaan menyelesaikan tugas perakitan; Sensor keadaan internal digunakan untuk mengukur efektor akhir.

3.3.7 Temperature Sensors



Gambar 3.5. Sensor suhu
Source: Pinterest

Sensor suhu dalam robotika mengukur perubahan panas/suhu di lingkungan tempat mereka digunakan. Ia bekerja pada konsep perubahan diferensial tegangan untuk perubahan suhu; Perubahan tegangan ini memberikan suhu yang setara

dengan daerah sekitarnya. Suhu udara, suhu permukaan, dan suhu perendaman adalah semua aplikasi untuk penginderaan suhu.

3.3.8 Navigation and Positioning Sensors



Gambar 3.6. robot sapu
Source: Pinterest

Sensor pemosisian dalam robotika digunakan untuk memperkirakan posisi robot. GPS adalah sensor pemosisian yang paling umum (Global Positioning System). Satelit yang mengorbit planet kita mengirimkan sinyal, yang diambil dan diproses oleh penerima robot. Hitung perkiraan posisi dan kecepatan robot menggunakan data yang dianalisis. Tiga sensor navigasi yang paling umum meliputi;(Ogenyi *et al.*, 2021)

3.3.9 GPS

Global Positioning System (GPS) adalah sensor pemosisian yang paling banyak digunakan. Satelit yang mengorbit planet kita mengirimkan sinyal, yang diambil dan diproses oleh penerima robot. Data yang diproses dapat

digunakan untuk menghitung perkiraan posisi dan kecepatan robot.

Sistem GPS ini sangat berguna untuk robot di luar ruangan, tetapi mereka tidak efektif di dalam ruangan. Mereka juga sedikit mahal saat ini, tetapi jika harganya turun, Anda akan segera melihat sebagian besar robot dilengkapi dengan modul GPS.(Wu *et al.*, 2016)

3.3.10 Digital Magnetic Compass

Mirip dengan kompas magnetik portabel, Kompas Magnetik Digital menggunakan medan magnet bumi untuk menghasilkan pengukuran arah, memandu robot Anda ke arah yang tepat untuk mencapai targetnya. Sensor ini lebih murah daripada modul GPS, namun jika Anda memerlukan umpan balik posisi dan navigasi, kompas harus digunakan bersama dengan modul GPS.

3.3.11 Localization

Tugas menentukan lokasi robot secara mandiri di lingkungan yang kompleks dikenal sebagai lokalisasi. Elemen eksternal yang disebut landmark, yang dapat ditempatkan dengan sengaja atau landmark alami, digunakan untuk menentukan lokasi. Penanda atau suar buatan diletakkan di sekitar robot pada fase pertama, dan sensor robot mencatat sinyal-sinyal ini untuk mengidentifikasi lokasi persisnya.

3.3.12 Acceleration Sensors



Gambar 3.7. sensor akselerometer

Source: Pinterest

Sensor akselerasi dalam robotika adalah perangkat yang mengukur akselerasi dan kemiringan robot. Akselerometer dipengaruhi oleh dua jenis gaya:

Gaya Statis – gaya yang ada di antara dua objek. Kita dapat menentukan seberapa banyak robot miring dengan mendeteksi gravitasinya. Parameter ini berguna untuk menyeimbangkan robot atau menilai apakah robot sedang menanjak atau menurun.

Gaya Dinamis – Kecepatan pemindahan suatu objek. Kecepatan/kecepatan perjalanan robot ditentukan dengan mengukur gaya dinamis dengan akselerometer.

3.3.13 Sensor robotic yang lainnya



Gambar 3.8. robot dan sensor
Source: Unsplash

Ada ratusan sensor yang tersedia sekarang yang dapat merasakan hampir semua hal yang dapat Anda bayangkan, dan hampir sulit untuk membuat daftar semuanya. Selain yang tercantum di atas, ada berbagai sensor lain yang digunakan untuk aplikasi tertentu. Pertimbangkan kondisi berikut:

Sensor Kelembaban digunakan untuk menentukan jumlah kelembaban di udara. Kadar air Sensor gas dibuat untuk mendeteksi gas tertentu.

Potensiometer sangat serbaguna dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi dia adalah resistor yang mempunyai berbagai nilai, jadi bisa diubah-ubah.

Sensor Medan Magnet mengukur kekuatan medan magnet yang mengelilinginya

3.4 Kesimpulan

Robot memerlukan sensor untuk dapat mendeteksi sesuatu . Semakin rumit robot Anda, semakin banyak sensor yang dimilikinya. Satu operasi mungkin memerlukan penggunaan beberapa sensor, atau beberapa pekerjaan dapat diselesaikan dengan satu sensor.

Tugas terkadang dapat diselesaikan menggunakan salah satu dari beberapa sensor yang tersedia. Berdasarkan ketersediaan, keterjangkauan, dan kenyamanan penggunaan, pilih sensor yang ideal. Namun, ada juga opsi untuk membeli lengan robot dengan sensor yang terpasang padanya oleh pabrikan. Ini idealnya menghemat biaya untuk membeli masing-masing independen dari yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Chirouze, M.C.P. and. 1983. 'Internal sensors', *An Introduction to Robot Technology*. Springer Netherlands, pp. 107–120. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-011-6100-8_10.
- Duran, A.J. and del Pobil, A.P. 2018. 'Predicting the internal model of a robotic system from its morphology', *Robotics and Autonomous Systems*, 110. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2018.08.014>.
- Giordano, G., Carlotti, M. and Mazzolai, B. 2021. 'A Perspective on Cephalopods Mimicry and Bioinspired Technologies toward Proprioceptive Autonomous Soft Robots', *Advanced Materials Technologies*. Available at: <https://doi.org/10.1002/admt.202100437>.
- Graham, R. and Cortés, J. 2012. 'Adaptive information collection by robotic sensor networks for spatial estimation', *IEEE Transactions on Automatic Control*, 57(6). Available at: <https://doi.org/10.1109/TAC.2011.2178332>.
- Kondaxakis, P. *et al.* 2019. 'Robot-Robot Gesturing for Anchoring Representations', *IEEE Transactions on Robotics*, 35(1). Available at: <https://doi.org/10.1109/TRO.2018.2875388>.
- Lee, K. *et al.* 2020. 'Real-time weld quality prediction using a laser vision sensor in a lap fillet joint during gas metal arc welding', *Sensors (Switzerland)*, 20(6). Available at: <https://doi.org/10.3390/s20061625>.
- Ogenyi, U.E. *et al.* 2021. 'Physical Human-Robot Collaboration: Robotic Systems, Learning Methods, Collaborative Strategies, Sensors, and Actuators', *IEEE Transactions on Cybernetics*, 51(4). Available at: <https://doi.org/10.1109/TCYB.2019.2947532>.

- Penteridis, L. *et al.* 2017. 'Robotic and Sensor Technologies for Mobility in Older People', *Rejuvenation Research*, 20(5). Available at: <https://doi.org/10.1089/rej.2017.1965>.
- Wu, D. *et al.* 2016. 'Node Localization in Robotic Sensor Networks for Pipeline Inspection', *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 12(2). Available at: <https://doi.org/10.1109/TII.2015.2469636>.
- Zong, W. *et al.* 2018. 'Architecture design and implementation of an autonomous vehicle', *IEEE Access*, 6. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2828260>.

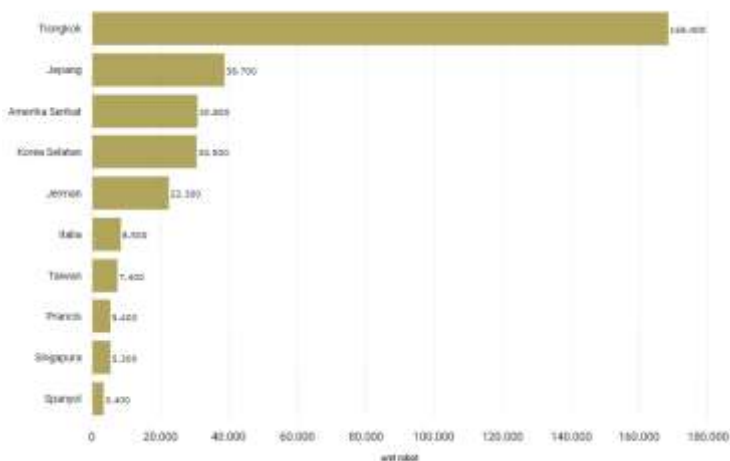
BAB 4

MATERIAL, APPLICATIONS AND SAFETY

Oleh Fathan Mubina Dewadi

4.1 Pendahuluan

Bagian luar manusia mesin bisa jadi di kira selaku ngatan untuk sebagian *developer* ilmu robot, namun opsi Material kamu hendak mempengaruhi keamanan, energi kuat, serta apalagi estetika (Supriyono, *et al.*, 2022). Berikut akan dijelaskan mengenai negara dengan penghasil robot terbanyak di dunia pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Negara dengan Penghasil Robot Terbanyak di Dunia (Rizaty, 2022)

4.2 Material Penyusun

Tiap cetak biru konsep wajib melingkupi estimasi mengenai gimana manusia mesin hendak beranjak, apakah hendak bekerja di dekat orang, kewajiban apa yang hendak di jalani, serta area yang di prediksi (Jati, *et al.*, 2022). Estimasi lain tercantum keringanan eliminasi serta koreksi, berat (yang pengaruhi keinginan energi dengan cara totalitas), konsep buat manufaktur, serta, pasti saja, bayaran (Sari Teknologi, 2023). Berikut akan dijelaskan mengenai macam-macam material logam pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Macam-Macam Material Logam (LSP Manado, 2023)

Selanjutnya merupakan sebagian material yang butuh di ngat dikala mengonsep serta membuat manusia mesin alah baja serta aluminium. Baja merupakan salah satu material yang sangat kerap di maanfaatkan oleh kreator manusia mesin (Dewadi, *et al.*, 2021). Metal kuat ini merupakan opsi pintar bila Kamu membuat manusia mesin yang wajib kuat kepada situasi yang keras. Di mungkinakan buat memadatkan baja sampai antara 100. 000 serta 300.000 *pound- force* per inci persegi (psi) dalam banyak permasalahan (Dewadi, 2021).

Bila Kamu berencana buat memadatkan baja, carilah baja dengan isi karbonium besar. Umumnya, terus menjadi banyak karbonium yang di kandungan baja, terus menjadi sesuai buat di untuk lebih keras lewat perlakuan panas (Surbakti, *et al.*, 2022). Tipe baja yang amat kuat aus pula ada, dan baja yang kuat kepada hantaman yang kerap terjalin (Dewadi, *et al.*, 2019).

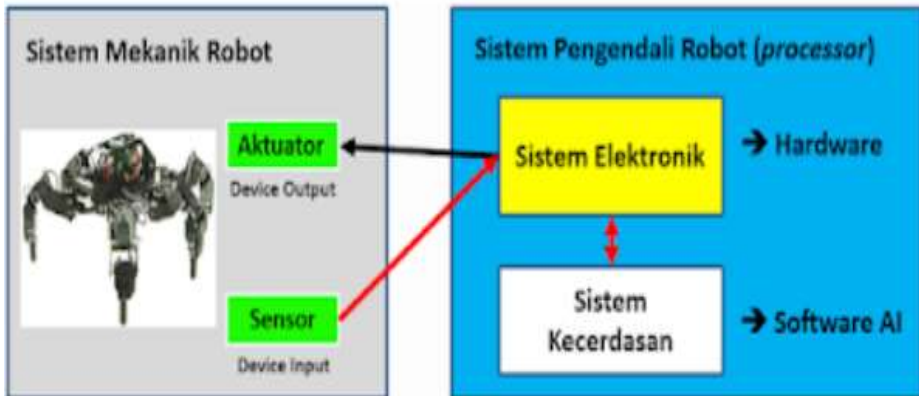
Ketahuilah kalau material ini dapat susah buat digarap bila Kamu tidak mempunyai perlengkapan yang pas, semacam yang dipakai buat pengelasan (Dewadi, *et al.*, 2021). Walaupun aluminium mempunyai titik harga yang lebih besar dari baja, lebih gampang dibangun serta lebih enteng (Sitorus , *et al.*, 2022). Berikut akan dijelaskan mengenai aplikasi robotik pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Aplikasi Robotika dalam Kehidupan Sehari-Hari (iStock, 2023)

Aluminium pula ialah material yang bagus bila Kamu takut bagian luar manusia mesin hendak karatan bersamaan durasi sebab aluminium tidak karatan (Murtalim, 2020). Tetapi, sebab

bisa memunculkan korosi di sebagian area berair, Kamu bisa memikirkan buat menjaga permukaannya buat membagikan proteksi lebih kepada mungkin korosi (Raja Ma'arof, *et al.*, 2021). Berikut akan dijelaskan mengenai diagram blok sistem robot pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Diagram Blok Sistem Robot (Suryadhi, 2023)

Perihal lain yang membuat aluminium jadi opsi terkenal buat bidang luar manusia mesin merupakan kalau aluminium bisa dipoles sampai bercahaya besar. Jadi, bila Kamu membuat manusia mesin menguntungkan yang pada kesimpulannya mau di pamerkan oleh konsumen kamu, aluminium membuat bodinya nampak baik sembari menawarkan energi kuat yang lumayan (Dewadi, *et al.*, 2021). Kamu pula bisa bertugas dengan teknologi pemolesan aluminium dengan mesin 3 arah, yang mempermudah kamu memrogram buat penuh keinginan pemrosesan 2 bagian (Wibowo, *et al.*, 2021).

4.3 Keamanan pada Sistem Robotik

Sistem manusia mesin bisa di deskripsikan selaku unit- unit sistem terpisah (*independent*) yang silih berkaitan antara satu

bagian sistem dengan bagian sistem yang lain alhasil dengan cara berintegrasi bisa membuat satu kesatuan sistem yang membuat manusia mesin (Wibowo & Dewadi, 2022). Bagian utama sesuatu sistem manusia mesin merupakan sistem ahli mesin (yang di dalamnya ada device input atau pemeriksaan serta device output atau aktuator) serta sistem otak (yang terdiri atas sistem elektronika& sistem intelek manusia mesin) (Nanda, *et al.*, 2022).

Bagian penting suatu sistem tentu terdiri atas bagian masukan atau input, bagian pemroses informasi masukan, serta Bagian keluaran atau output (Nanda, *et al.*, 2022). Dalam sistem manusia mesin, bagian input merupakan berbentuk bagian pemeriksaan, ialah pendeteksi (detektor) situasi area dalam diri manusia mesin (area dalam) ataupun situasi area di luar diri manusia mesin (area eksternal) (Dewadi, 2021).

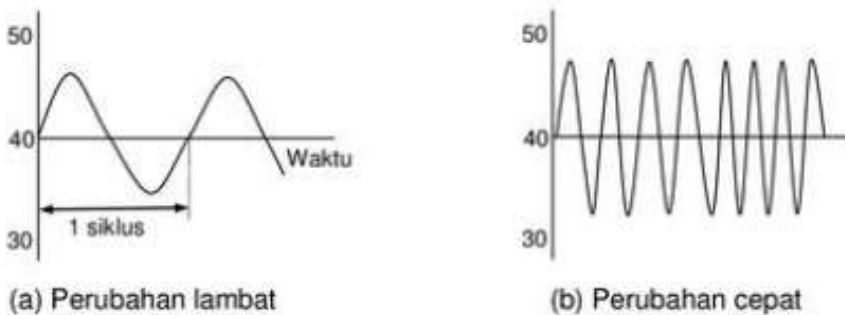
Bagian pemroses informasi input, pada biasanya merupakan berbentuk bagian ataupun peranti berplatform akal sehat. Buat mikrokontroler, PLC, serta FPGA ialah tercantum peranti pemroses informasi yang terprogram (bisa diprogram atau diatur balik) (Nanda, *et al.*, 2022). Berikutnya, bagian output merupakan berbentuk bagian elektro- mekanik yang mempunyai kedudukan berarti dalam menggerakkan bagian- bagian ahli mesin manusia mesin. Bagian ini lebih diketahui dengan gelar aktuator (Dimiyati, *et al.*, 2021).

Bagian elektro- mekanik yang kerap dipakai selaku aktuator manusia mesin merupakan semacam motor DC magnet-permanent (DCMP), motor DC *stepper* (DC- STP), motor DC servo (DC- SRV), hidrolis, serta pneumatik. Cetak biru membuat manusia mesin merupakan cetak biru yang interdisipliner, maksudnya buat membuat suatu manusia mesin (terlebih manusia mesin yang pintar serta mutakhir) tidak dapat cuma digarap oleh satu orang dengan satu kemampuan ilmu khusus (Dewadi, 2021).

Sebab bagian- bagian sistem manusia mesin itu lebih dari satu(apalagi banyak), dimana bagian- bagian itu cuma dapat ditangani oleh orang yang mempunyai keahlian di dibidangnya. Misalnya bagian ahli mesin, membuat bagian ahli mesin manusia mesin telah benda pasti wajib digarap oleh mereka yang memahami ilmu ahli mesin, ialah mereka yang dari patuh ilmu mesin serta mekatronik (Dewadi, *et al.*, 2021).

Setelah itu bagian elektronik, membuat bagian elektronik manusia mesin pastinya pula wajib digarap oleh mereka yang memahami ilmu elektronika, ialah mereka yang dari patuh ilmu elektronika, fisika, serta mekatronik (Dewadi & Dewadi, 2022).

Kegiatan bagian elektronik mencakup konsep sistem elektronik otak manusia mesin, imitasi sistem elektronik manusia mesin, pembuatan kediamaan sistem elektronik (PCB), perakitan bagian, percobaan serta analisa kemampuan sistem elektronika manusia mesin, serta kegiatan elektronis yang lain (Nanda, *et al.*, 2022). Berikut akan dijelaskan mengenai persyaratan umum sensor di robotik pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Persyaratan Umum Sensor di Sistem Robotik (Sutedja, 2019)

4.4 Soal-Soal Latihan

1. Buatlah sketsa mengenai kelistrikan pada robotika secara umum ataupun secara khusus sesuai penggunaan robotika (Della, et al., 2022)!
2. Bagaimana tantangan kebutuhan robotika dalam dunia Industri (Dewadi, 2016)?
3. Jelaskan kelebihan dan kekurangan yang ada pada robotika (Dewadi, 2021)!
4. Berikan penjelasan mengenai kapasitor yang ada dalam rangkaian robotika (Dewadi, 2022)!
5. Perlukah sistem robotika untuk kendaraan (Mulyadi & Dewadi, 2021)?

DAFTAR PUSTAKA

- Farahdiansari, A. P., Dewadi, F. M. & Rahdiana, N., 2021. Analisis Unjuk Kerja BBM dengan Eco-Racing sebagai Campuran BBM yang Ekonomis. *JTMMX*, II(1), pp. 1-5.
- Wibowo, C., Sukarno, S., Nursanti, Y. B. & Dewadi, F. M., 2022. Kebutuhan Perguruan Tinggi di Wonogiri sebagai Bagian dari Pengembangan Sumber Daya Manusia. *VISIONER : Jurnal Penelitian Komunikasi dan Sosial Politik*, IV(1), pp. 20-27.
- Abbas, A. et al., 2020. *Implementation of clustering unsupervised learning using KMeans mapping techniques*. Medan, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.
- A. & Dewadi, F. M., 2022. Perancangan Mesin Roll Plat Listrik sebagai Peningkatan Efisiensi Kerja di Industri Manufaktur. *Jurnal Mekanika Terapan*, III(1), pp. 18-25.
- A, F. M. et al., 2022. Optimization of Vapor Compression Type for Desalination of Seawater Using the DFMA Method. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore (JTMMX)*, III(1), pp. 1-8.
- A. et al., 2021. Analisis Rancangan Sel Surya untuk Kebutuhan Cadangan Energi Listrik di Kolam Wilayah Graha Raya Bintaro, Tangerang Selatan. *JTMMX*, II(1), pp. 6-12.
- Della, R. H. et al., 2022. *Kesehatan & Keselamatan Kerja Era Society 5.0*. 1st ed. Purbalingga: Eureka Media Aksara.
- Dewadi, F. M., 2016. *Perancangan Mesin Roll Pelat Dengan Penggerak Motor Listrik Ac 1 Fasa Kapasitas Daya Listrik 180 W*, Jakarta: Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal.
- Dewadi, F. M., 2021. Analisis Efektivitas Liquid Section Heat Exchanger dengan Tube in Tube Heat Exchanger dari Sisi Aplikatif. *JTMMX*, II(1), pp. 28-36.

- Dewadi, F. M., 2021. Efisiensi Pada Sepeda Listrik Dengan Dinamo Sepeda Sebagai Generator. *Praxis : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring*, IV(1), pp. 13-23.
- Dewadi, F. M., 2021. Pembelajaran dan Pengenalan Musik dalam Melatih Daya Ingat Anak. *JECED: Journal of Early Childhood Education and Development*, III(1), pp. 15-23.
- Dewadi, F. M., 2021. *Pengaruh Analisis Manajemen Stres Kinerja Perusahaan terhadap Pencapaian Kinerja Karyawan Optimal berdasarkan Pengalaman Pemuda Kreatif Kavling Rawa Bunga, Tangerang Selatan*. Bukit Tinggi, IAIN Bukit Tinggi.
- Dewadi, F. M., 2022. Klasifikasi Perpindahan Panas. In: R. Pido, ed. *Perpindahan Panas: Dasar dan Praktisi dari Perspektif Akademisi dan Praktisi*. Bandung: Indie Press, pp. 1-8.
- Dewadi, F. M., Dahlan, D. & Maulana, E., 2019. Frame e-Bike Optimization Capacity 48V. *JOJAPS*, Volume XIV, pp. 129-138.
- Dihni, V. A., 2022. *Databooks*. [Online] Available at: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/06/16/10-universitas-dengan-jurusan-arsitektur-terbaik-dunia> [Accessed 13 Maret 2023].
- Dimyati, D. et al., 2021. Evaluasi Kekuatan Resistance Spot Welding Pada Proses Tailor Welded Blankss Menggunakan Mill-Steel Beda Ketebalan. *Borobudur Engineering Research (BENR)*, I(1), pp. 96-107.
- iStock, 2023. *istockphoto*. [Online] Available at: <https://www.istockphoto.com/id/vektor/ikon-aplikasi-otomatisasi-proses-robotik-gm1456407374-491447957> [Accessed 14 Maret 2023].
- Jati, R. R., Sofiyanti, B. & Dewadi, F. M., 2022. Pengenalan Material Yang Digunakan Dalam Proses Pengelasan Berdasarkan Spesifikasi Material. *Empowerment: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, I(3), pp. 300-305.

- K., Nanda, R. A., A. & Dewadi, F. M., 2022. Pelatihan Pemanfaatan Aquaponik Bagi Warga Kavling Rawa Bunga, Tangerang Selatan. *Journal of Entrepreneurship and Community Innovations*, I(1), pp. 16-21.
- K., Nanda, R. A. & Dewadi, F. M., 2022. Pengukuran Intensitas Cahaya Menggunakan Sensor BH-1750 Berbasis Mikrokontroler: Studi Kawasan Kampus UBP Karawang. *Praxis*, V(1), pp. 74-81.
- K. et al., 2022. Archimedes' Principle Applied to Buoy Design for Measuring Purposes in Offshore Illumination Conditions. *JTMMX*, III(1), pp. 40-48.
- K. et al., 2021. A Report on Metal Forming Technology Transfer from Expert to Industry for Improving Production Efficiency. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, I(2), pp. 96-103.
- LSP Manado, 2023. Quizizz. [Online] Available at: <https://quizizz.com/admin/quiz/5ede0c800c2931001bce3079/ilmu-bahan> [Accessed 14 Maret 2023].
- M., Dewadi, F. M., A. & Sigalingging, W. S., 2021. Pengaruh Parameter Temperatur Quenching terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Rear Hub Spindles. *Buana Ilmu*, V(2), pp. 101-118.
- M., 2020. *Analisis Unjuk Kerja Eco Racing sebagai Suplemen Penghemat Bahan Bakar*. Malang, Universitas Widyagama Malang.
- Mulyadi, D. & Dewadi, F. M., 2021. Analisis Rancangan Sel Surya untuk Kebutuhan Cadangan Energi Listrik di Kolam Wilayah Graha Raya Bintaro, Tangerang Selatan. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, II(1), pp. 6-12.
- Nanda, R. A. et al., 2022. Perancangan dan Perakitan Elektronika Mikrokontroler berbasis IOT untuk Studi Pengukuran Sistem HVAC. *JTMMX*, VII(1), pp. 43-55.

- Raja Ma'arof, R. A., Saputra, O. . A., Dewadi, F. M. & Noor, A., 2021. *Engaging Students: Blending Class Activities with Industry-linked Teaching Approach in Occupational Safety and Health Course Delivery*, Kuala Lumpur: Universiti Kuala Lumpur.
- Rizaty, M. A., 2022. *Databooks*. [Online] Available at: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/05/09/10-negara-pasar-robot-industri-terbesar-tiongkok-juaranya>[Accessed 13 Maret 2023].
- Sari Teknologi, 2023. *sariteknologi*. [Online] Available at: <https://sariteknologi.com/material-untuk-design-robot/> [Accessed 13 Maret 2023].
- S. et al., 2021. Pengaruh Penahanan Suhu Reaktor pada Pengujian LDPE dengan Debit Air 46 L/Min. *JTMMX*, II(1), pp. 19-27.
- Sitorus , E. et al., 2022. *Kesehatan dan Keselamatan Kerja Era Sociey 5.0*. Indonesia, Patent No. 000338122.
- Supriyono, T. et al., 2022. Analisis Chassis Mobil Robot Penanaman Bibit Kangkung Menggunakan Metode Elemen Hingga. *JTMMX*, II(2), pp. 1-8.
- Surbakti, D., Wibowo, C. & Dewadi, F. M., 2022. Perbaikan Gerobak Sampah sebagai Bagian dari Manajemen Sampah Sisi Hulu di Lingkungan Permata Penggilingan Jakarta. *Indonesian Journal of Engagement, Community Services, Empowerment and Development*, II(2), pp. 165-174.
- Suryadhi, T. D., 2023. *Robotics University*. [Online] Available at: <https://www.robotics-university.com/2014/11/sistem-robot.html>[Accessed 14 Maret 2023].
- Sutedja, H., 2019. *Slideshare*. [Online] Available at: <https://slideplayer.info/slide/15733998/>[Accessed 14 Maret 2023].

- Wibowo, C. & Dewadi, F. M., 2022. Design Pressure Reduction System (PRS) untuk Compressed Natural Gas (CNG) Kapasitas 30 Nm³/h dalam Sisi Teknis dan Ekonomis. *TEKINFO: Jurnal Penelitian Teknik dan Informatika*, II(2), pp. 60-65.
- Wibowo, C., Dewadi, F. M. & Afgani, A. A., 2021. Impementasi Material Titanium pada Sepeda Listrik sebagai Rangka yang Efisien. *JTMMX*, II(1), pp. 13-18.

BAB 5

INSTALASI TURTLESIM

Oleh Dedy Abdianto Nggego

Buku ini hanya membahas tentang instalasi ROS pada Ubuntu, karena Ubuntu adalah sistem operasi yang paling banyak digunakan di kalangan pengguna ROS, dan juga merupakan *requirement support* dari distro ROS terbaru.

Lingkungan pengembangan aplikasi ROS yang digunakan pada buku ini yaitu:

1. **Hardware:** Desktop atau laptop menggunakan prosesor Intel atau AMD.
2. **Sistem Operasi:** Ubuntu 20.04 (Focal Fossa)
3. **ROS:** Noetic Ninjemys (May 2020 - May 2025) (*Turtlesim*, 2020)

Apabila komputer Anda menggunakan versi Ubuntu yang lain atau sistem operasi di luar Ubuntu, silakan kunjungi halaman official wiki ROS untuk melihat prosedur instalasinya.

5.1 ROS (*Robot Operating System*)

ROS (*Robot Operating System*) adalah sebuah sistem operasi berbasis Linux yang dirancang khusus untuk digunakan pada robot mobile. ROS menyediakan seperangkat alat dan library yang dapat membantu pengembang robot untuk membangun, mengembangkan, dan memelihara sistem robotik yang kompleks.

ROS terdiri dari sekumpulan node yang masing-masing merupakan sebuah program yang bertanggung jawab atas suatu fungsi tertentu. Node-node tersebut dapat saling berkomunikasi dengan menggunakan sebuah bus pesan (*message bus*) yang

disebut ROS Master. Dengan demikian, ROS memungkinkan para pengembang untuk mengembangkan sistem robotik yang terdiri dari beberapa komponen yang saling terhubung dan dapat bekerja sama dengan baik.

Selain itu, ROS juga menyediakan seperangkat alat visualisasi yang memudahkan pengembang untuk memantau dan menganalisis sistem robotik yang sedang berjalan. ROS juga dapat digunakan pada berbagai jenis robot, mulai dari robot mobile hingga robot manipulator, dan dapat berjalan pada berbagai sistem operasi, termasuk Linux, Windows, dan macOS (Pyo *et al.*, 2017).

5.2 Apa itu Turtlesim?

Turtlesim adalah sebuah aplikasi yang dapat digunakan untuk mempelajari konsep dasar robotika mobile menggunakan ROS (*Robot Operating System*) (Wiki ROS, 2022). Turtlesim menggunakan sebuah model simulasi turtle (kura-kura) yang dapat dipandu melalui jaringan ROS dengan menggunakan perintah-perintah berbasis teks. Pengguna dapat mengirim perintah ke turtle untuk bergerak ke depan, mundur, berbelok ke kiri atau ke kanan, dan melakukan berbagai aksi lainnya. Turtlesim juga menyediakan sebuah antarmuka grafis yang memungkinkan pengguna untuk melihat turtle yang sedang disimulasikan dan melakukan pengaturan terhadap turtle tersebut. Berikut adalah beberapa kelebihan turtlesim:

1. Interface yang mudah digunakan: Turtlesim menyediakan sebuah antarmuka grafis yang memudahkan pengguna untuk memahami konsep dasar robotika mobile dengan mudah.
2. Dapat digunakan pada berbagai sistem operasi: Turtlesim dapat berjalan pada berbagai sistem operasi, seperti Linux, Windows, dan macOS, sehingga dapat digunakan oleh pengguna dengan beragam sistem operasi.

3. Dapat diintegrasikan dengan perangkat lain: Turtlesim dapat diintegrasikan dengan perangkat lain seperti kinect, laser, dan sebagainya, sehingga dapat digunakan untuk mempelajari konsep dasar robotika mobile dengan lebih mendalam.
4. Dapat dijadikan dasar pembelajaran untuk membuat aplikasi robotika mobile yang lebih kompleks: Dengan memahami konsep dasar yang diajarkan oleh turtlesim, pengguna dapat membangun aplikasi robotika mobile yang lebih kompleks dengan menggunakan ROS. (O'Kane, 2016)

5.3 Langkah-langkah Instalasi Turtlesim

5.3.1 Instalasi ROS dan Turtlesim

Pada sub-subbab ini kita akan membahas bagaimana melakukan instalasi turtlesim pada sistem operasi di komputer kita. Sebelum melakukan instalasi turtlesim, terlebih dahulu yang harus dilakukan adalah menginstal ROS, karena pada saat kita menginstall ROS maka secara otomatis akan menyertakan turtlesim. Saat ini sistem operasi yang didukung secara resmi oleh ROS yaitu linux ubuntu dan debian untuk *roswdistro neotic*, sedangkan pada *roswdistro melodic* yaitu ubuntu, debian, dan windows. Namun ada beberapa sistem operasi yang sedang berada pada tahap eksperimental untuk menjalankan ROS, dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1. Platform tahap eksperimental ROS
(Sumber : wiki.ros.org)

Untuk menginstall ROS pada sistem operasi Ubuntu, pertama-tama buka terminal dan jalankan perintah berikut untuk menambahkan repository ROS ke sistem:

```
sudo sh -c "echo "deb http://packages.ros.org/ros/ubuntu $(lsb_release -sc) main" > /etc/apt/sources.list.d/ros-latest.list"
```

Linux Ubuntu yang digunakan pada saat ini yaitu Ubuntu versi 20.04 LTS. Cara ini juga dapat dijalankan pada Ubuntu versi terbaru.

Apabila Anda menggunakan Linux Mint 18.x atau versi terbaru, gunakan perintah di bawah ini.

```
sudo sh -c "echo "deb http://packages.ros.org/ros/ubuntu xenial main" > /etc/apt/sources.list.d/ros-latest.list"
```

Linux Mint 18.x menggunakan nama kode Xenial, yang bertujuan untuk menambahkan daftar sumber repository yang sama dengan Ubuntu.

Jika tidak ada pesan *error* berarti perintah di atas berhasil dieksekusi.

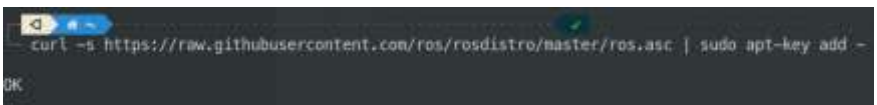
Kemudian, jalankan perintah selanjutnya untuk melakukan instalasi curl dan menambahkan kunci ROS ke sistem. Apabila di komputer sudah terinstal curl, maka tidak perlu menjalankan baris kode yang pertama:



```
1 sudo apt install curl # if you haven't already installed curl
2 curl -s https://raw.githubusercontent.com/ros/rosdistro/master/ros.asc | sudo apt-key add -
```

Perhatikan bahwa perintah untuk menambahkan kunci ini sewaktu-waktu dapat berubah tergantung pada situasi operasi server, jadi silakan mengunjungi situs resmi wiki ROS apabila terjadi kesalahan pada langkah ini.

Setelah menjalankan perintah di atas, maka akan tampil status 'OK' seperti ini:



```
curl -s https://raw.githubusercontent.com/ros/rosdistro/master/ros.asc | sudo apt-key add -
OK
```

Setelah itu, jalankan perintah berikut untuk memperbarui database paket pada sistem:



```
sudo apt update
```

Maka tampilannya akan seperti ini:

```
sudo apt install ros-noetic-desktop-full

Hit:14 https://ppa.launchpadcontent.net/libreoffice/ppa/ubuntu focal InRelease
Get:15 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates InRelease [114 kB]
Get:16 http://packages.ros.org/ros/ubuntu focal InRelease [4,679 B]
Get:17 http://packages.ros.org/ros/ubuntu focal/main amd64 Packages [768 kB]
Get:18 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports InRelease [188 kB]
Get:19 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security InRelease [114 kB]
Get:20 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 DEP-11 Metadata [275 kB]
Get:21 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/universe amd64 DEP-11 Metadata [487 kB]
Get:22 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/multiverse amd64 Packages [25,2 kB]
Get:23 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/multiverse amd64 DEP-11 Metadata [948 B]
Get:24 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main amd64 DEP-11 Metadata [7,968 B]
Get:25 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/universe amd64 DEP-11 Metadata [30,5 kB]
Get:26 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main amd64 DEP-11 Metadata [59,9 kB]
Get:27 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/universe amd64 DEP-11 Metadata [94,1 kB]
Get:28 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-security/multiverse amd64 DEP-11 Metadata [948 B]
Get:29 http://packages.ros.org/ros/ubuntu focal/main i386 Packages [57,7 kB]
Fetched 2.059 kB in 18s (117 kB/s)
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
48 packages can be upgraded. Run 'apt list --upgradable' to see them.
```

Sekarang, Anda dapat menginstall ROS dengan menjalankan perintah berikut:

```
sudo apt install ros-<rostdistro>-desktop-full
```

Keterangan:

<rostdistro> adalah nama distribusi ROS yang Anda inginkan, misalnya *noetic* atau *melodic*.

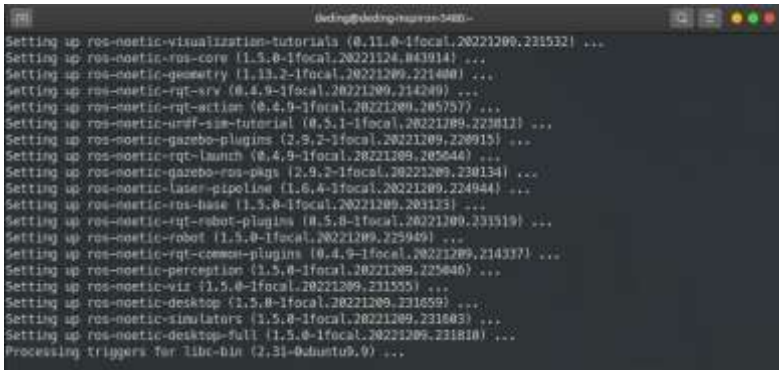
Kali ini kita akan menginstal ros distro noetic sehingga perintahnya menjadi:

```
sudo apt install ros-noetic-desktop-full
```

Tunggu hingga proses instalasi selesai. Perintah di atas akan menginstal paket dasar rqt. Rqt adalah sebuah framework berbasis

Qt untuk pengembangan GUI pada ROS. Lebih lanjut tentang rqt bisa anda temukan di halaman resmi wiki ROS.

Proses ini akan sedikit memakan waktu, tergantung kecepatan internet masing-masing.



```
Setting up ros-noetic-visualization-tutorials (0.11.0-1focal.20221209.231532) ...
Setting up ros-noetic-ros-core (1.5.0-1focal.20221124.043914) ...
Setting up ros-noetic-geometry (1.13.2-1focal.20221209.221400) ...
Setting up ros-noetic-rqt-srv (0.4.9-1focal.20221209.214240) ...
Setting up ros-noetic-rqt-action (0.4.9-1focal.20221209.205757) ...
Setting up ros-noetic-urdf-sum-tutorial (0.5.1-1focal.20221209.223012) ...
Setting up ros-noetic-gazebo-plugins (2.9.2-1focal.20221209.220915) ...
Setting up ros-noetic-rqt-launch (0.4.9-1focal.20221209.205044) ...
Setting up ros-noetic-gazebo-ros-pkgs (2.9.2-1focal.20221209.230134) ...
Setting up ros-noetic-laser-pipeline (1.6.4-1focal.20221209.224944) ...
Setting up ros-noetic-ros-base (1.5.0-1focal.20221209.203123) ...
Setting up ros-noetic-rqt-robot-plugins (0.5.0-1focal.20221209.231519) ...
Setting up ros-noetic-robot (1.5.0-1focal.20221209.225949) ...
Setting up ros-noetic-rqt-common-plugins (0.4.9-1focal.20221209.214317) ...
Setting up ros-noetic-perception (1.5.0-1focal.20221209.225046) ...
Setting up ros-noetic-viz (1.5.0-1focal.20221209.231555) ...
Setting up ros-noetic-desktop (1.5.0-1focal.20221209.231659) ...
Setting up ros-noetic-simulators (1.5.0-1focal.20221209.231603) ...
Setting up ros-noetic-desktop-full (1.5.0-1focal.20221209.231810) ...
Processing triggers for libc-bin (2.31-0ubuntu9) ...
```

Gambar 5.2. Proses download dan instalasi ROS

Setelah proses instalasi selesai, jalankan perintah berikut untuk menginisialisasi ROS pada sistem, agar ROS yang telah terinstall dapat diakses dari terminal. Di sini terdapat dua perintah untuk shell yang berbeda:

Bash shell:

Apabila Anda menggunakan shell bash, maka gunakan perintah berikut.



```
source /opt/ros/noetic/setup.bash
```

Kemudian gunakan perintah di bawah ini agar secara otomatis dapat langsung menjalankan perintah ROS setiap membuka terminal baru.



```
echo "source /opt/ros/noetic/setup.bash" >> ~/.bashrc
source ~/.bashrc
```

Z shell (zsh):

Bagi Anda yang menggunakan shell zsh, gunakan perintah di bawah ini.



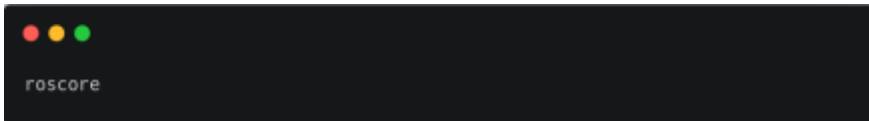
```
source /opt/ros/noetic/setup.zsh
```

Kemudian gunakan perintah di bawah ini agar secara otomatis dapat langsung menjalankan perintah ROS setiap membuka terminal baru.



```
echo "source /opt/ros/noetic/setup.zsh" >> ~/.zshrc
source ~/.zshrc
```

Sampai di sini proses instalasi kita telah selesai. Untuk mencoba apakah instalasi kita telah berjalan dengan baik, jalankan ROS dengan menggunakan perintah di terminal:



```
roscore
```

Apabila tampil seperti gambar di bawah ini maka proses instalasi yang kita lakukan telah berhasil dan berjalan dengan baik.

```
roscore
... logging to /home/deding/.ros/log/04837fa4-8ff8-11e0-b2fb-911758941ef6/ros-launch-deding-Inspiron-5480-54205.log
Checking log directory for disk usage. This may take a while.
Press Ctrl-C to interrupt
Done checking log file disk usage. Usage is 45GB.

started roslaunch server http://deding-Inspiron-5480:33537/
ros_comm version 1.15.15

SUMMARY
=====

PARAMETERS
 * /roslaunch: noetic
 * /rosversion: 1.15.15

NODES
auto-starting new master:
process[master]: started with pid [34277]
ROS_MASTER_URI=http://deding-Inspiron-5480:11311/

setting /run_id to 04837fa4-8ff8-11e0-b2fb-911758941ef6
process[roscout-1]: started with pid [34287]
started core service [/roscout]
```

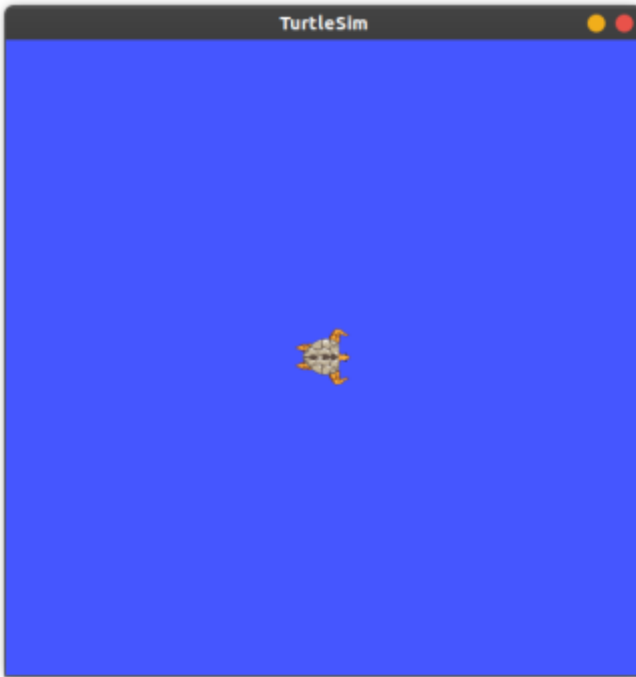
Gambar 5.3. Menjalankan server ROS

Untuk menghentikan server ROS atau program yang sedang berjalan, kita dapat menekan shortcut *ctrl+c* di terminal.

Selanjutnya kita akan mencoba untuk menjalankan turtlesim, dengan menggunakan perintah berikut:

```
roslaunch turtlesim turtlesim_node
```

Sebelum menjalankan perintah di atas, pastikan bahwa Anda telah menjalankan server ROS terlebih dahulu dengan perintah *roscore*. Apabila tidak terjadi masalah, maka akan tampil jendela turtlesim seperti berikut.

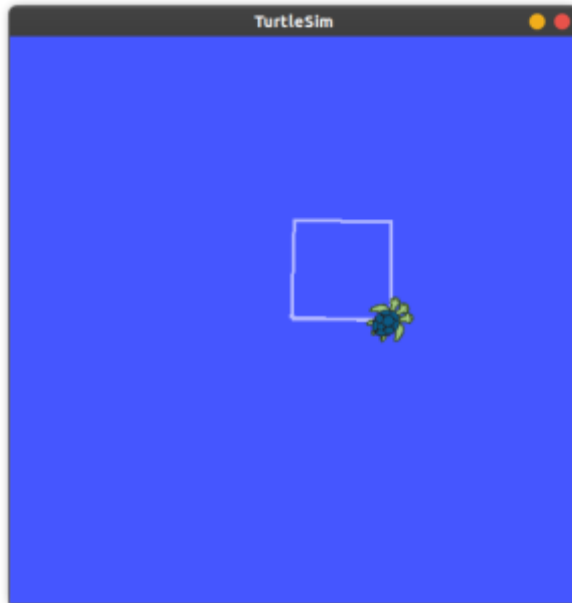


Gambar 5.4. Tampilan jendela turtlesim

Lakukan perintah berikut untuk melihat simulasi turtlesim dalam menggambar sebuah persegi.

```
rosrun turtlesim draw_square
```

Sehingga akan tampil seperti gambar berikut.



Gambar 5.5. Simulasi turtlesim membuat sebuah persegi

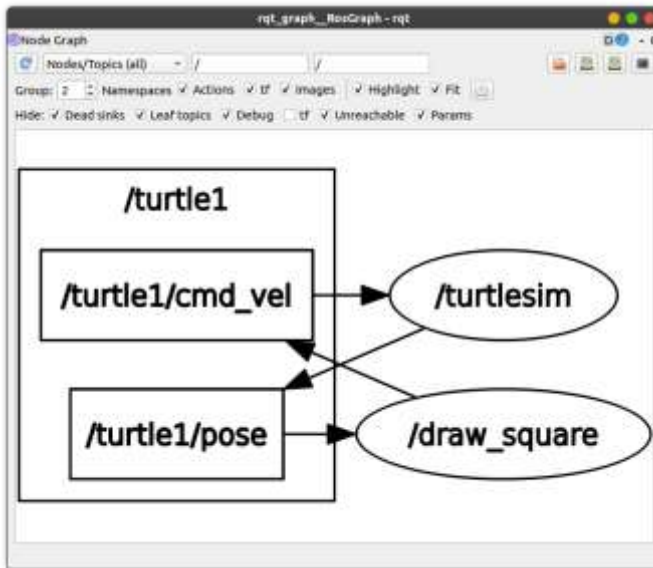
Kita juga dapat menggunakan paket `turtle_teleop_key` untuk mengontrol 'si turtle' menggunakan tombol arah panah ($\leftarrow$, $\rightarrow$, $\uparrow$, $\downarrow$) di keyboard, dengan cara memasukkan perintah `roslaunch turtlesim turtle_teleop_key` di terminal.

5.3.2 Menjalankan Rqt_graph

Node `rqt_graph` akan menampilkan informasi tentang node (program) yang sedang berjalan dalam bentuk GUI. Untuk menjalankan paket `rqt_graph`, gunakan perintah berikut.



Apabila tidak terjadi kesalahan pada eksekusi perintah di atas, maka akan tampil sebuah jendela baru seperti gambar berikut.



Gambar 5.6. Node rqt_graph

Lingkaran mewakili node dan persegi mewakili topik. Jika kita melihat Gambar 5.6, panah ditarik dari simpul '/draw_square' yang terhubung ke '/turtlesim'. Ini menunjukkan bahwa kedua node sedang berjalan, dan ada komunikasi pesan yang terjadi antara kedua node ini. Kotak persegi '/turtle1/cmd_vel' dan '/turtle1/pose', yang merupakan sub-topik dari topik turtle1, adalah nama topik untuk dua node, dan memvisualisasikan bahwa perintah kecepatan dan pose yang dijalankan oleh program di node '/draw_square' sedang dikirim ke node '/turtlesim' sebagai pesan dalam topik sehingga saling berkomunikasi.

Sampai pada tahap ini kita benar-benar telah menyelesaikan proses instalasi serta uji coba ROS dan Turtlesim.

DAFTAR PUSTAKA

- O'Kane, J.M. 2016. *A gentle introduction to ROS*.
- Pyo, Y. *et al.* 2017. *Robot Programming From The Basic Concept To Practical Programming and Robot Application*.
- Turtlesim*. 2020. Available at: <http://wiki.ros.org/turtlesim> (Accessed: 10 January 2023).
- Wiki ROS*. 2022. Available at: <http://wiki.ros.org/> (Accessed: 9 January 2023).

BAB 6

PEMROGRAMAN PYTHON

Oleh Irwanto

6.1 Pendahuluan

Pemrograman adalah proses menulis, menguji, memperbaiki dan memelihara kode yang membangun sebuah program komputer. Kode ini ditulis dengan menggunakan bahasa pemrograman tertentu. Terdapat banyak jenis bahasa pemrograman seperti C#, C++, javascript, PHP, dan lain-lain. Tujuan dari pemrograman adalah untuk membuat suatu program yang dapat melakukan suatu perhitungan atau 'pekerjaan' sesuai dengan keinginan si pemrogram. Untuk melakukan pemrograman, diperlukan keterampilan dalam algoritme, logika, bahasa pemrograman, dan pada banyak kasus, pengetahuan-pengetahuan lain seperti matematika. Pemrograman adalah suatu seni dalam menggunakan satu atau lebih algoritme yang saling berhubungan dengan menggunakan suatu bahasa pemrograman tertentu sehingga menjadi suatu program komputer. Bahasa pemrograman yang berbeda mendukung gaya pemrograman yang berbeda pula. Gaya pemrograman ini biasa disebut paradigma pemrograman (Mohammad Farid Naufal, 2018).

Kepopuleran penggunaan Python menempatkannya menjadi bahasa pemrograman yang mulai banyak dipelajari oleh mahasiswa terutama mahasiswa di kampus yang berbasis IT, guna menyelesaikan tugas kuliah, tugas akhir maupun tugas penelitian, untuk dapat menyelesaikan berbagai tugas pemrograman, seseorang perlu memahami algoritma, karena pada dasarnya program computer adalah implementasi dari algoritma. Pesatnya sains dan teknologi telah mengubah pola pikir

dan sudut pandang seseorang, kelompok atau organisasi yang ada di masyarakat dalam menyikapi segala permasalahan yang dihadapi pada kegiatan atau aktivitas sehari-hari. Pola pikir dan sudut pandang yang dibangun senantiasa harus diarahkan pada orientasi yang positif. Dalam menyikapi pesatnya sains dan teknologi, kita sebagai penerus generasi bangsa harus mempersiapkan diri kita dengan bekal keilmuan yang berkualitas melalui pendidikan formal maupun non formal.

Pendidikan yang digalakan pada masa sekarang cenderung lebih kepada pendidikan vokasi atau keahlian. Hal ini tidak bisa dipungkiri dikarenakan permasalahan dan fenomena yang muncul dalam masyarakat membutuhkan keilmuan eksak dengan bantuan keilmuan informatika, sehingga dengan menjamurnya pendidikan informatika sangat membantu menyelesaikan permasalahan dan aktivitas-aktivitas, sehingga hasil pekerjaan menjadi lebih efektif dan efisien.

Bahasa pemrograman atau dikenal juga bahasa komputer adalah himpunan dari aturan sintaks dan semantic yang digunakan untuk mendefinisikan program komputer. Kegunaan/Tujuan dari pemrograman adalah untuk mengisi suatu program yang dapat melakukan suatu perhitungan atau pekerjaan sesuai dengan keinginan pembuat program. Berikut ini adalah Penggolongan bahasa pemrograman komputer berdasarkan tingkat kedekatan bahasa dengan mesin komputer.

- a. Bahasa Mesin, yaitu bahasa pemrograman yang menggunakan bahasa biner yang terdiri dari angka 1 dan 0 untuk memberikan perintah pada komputer. Contoh: 01100101100110.
- b. Bahasa Tingkat Rendah, atau lebih dikenal dengan bahasa rakitan (Assembly). Bahasa pemrograman ini memberikan perintah pada komputer menggunakan kode-kode yang

singkat (Kode Mnemonic), Contoh: SUB, MOV, JMP, JGE, CMP, LOOP, JL, dan sebagainya.

- c. Bahasa Tingkat Menengah, yaitu bahasa pemrograman yang menggunakan campuran intruksi/perintah dalam kata-kata bahasa manusia.
- d. Bahasa Tingkat Tinggi, bahasa pemrograman yang sudah memakai instruksi dari kata-kata bahasa manusia, contoh: if, else, true, false, end, or, xor, while, dan masih banyak lagi. Sebagian besar bahasa pemrograman saat ini digolongkan sebagai bahasa tingkat tinggi.

Selain penggolongan di atas, bahasa pemrograman di bagi menjadi berbagai jenis diantaranya:

a. Bahasa Pemrograman C (Tingkat Tinggi)

Bahasa yang diperuntukkan memprogram jaringan dan sistem komputer, namun bahasa ini sering juga digunakan dalam pengembangan software aplikasi. Bahasa C ini juga banyak dipakai oleh berbagai jenis platform sistem operasi dan arsitektur komputer. Bahkan sudah banyak compiler populer yang sudah tersedia untuk bahasa ini.

b. Bahasa Pemrograman ASP

ASP (*Active Server Pages*) adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk menciptakan program web yang dinamis. ASP merupakan salah satu produk teknologi yang disediakan oleh Microsoft. ASP bekerja pada server web dan merupakan *server side scripting*.

c. Bahasa Pemrograman PHP (Tingkat Tinggi)

PHP pertamakali diciptakan oleh Rasmus Lerdorf pada tahun 1995, Waktu itu PHP masih bernama Form Interpreted (FI), yang bentuknya berupa sekumpulan kode yang digunakan untuk mengolah bentuk data (*data form*)

dari web. Seperti ASP, PHP merupakan server side scripting yang bekerja pada *server web*.

d. Bahasa Pemrograman Basic (Tingkat Tinggi)

BASIC atau Begginer's All- purpose Symbolic Instruction Code pertamakali dikembangkan pada tahun 1963 oleh John George Kemeny dan Thomas Eugene Kurtz. Bahasa Pemrograman Basic mirip dengan bahasa inggris biasa yang sering digunakan oleh pemrogram dalam menulis berbagai program komputer sederhana yang berfungsi sebagai konsep dasar bagi pembelajaran pemrograman komputer.

e. Microsoft Visual Basic (Tingkat Tinggi)

Visual Basic atau lebih dikenal dengan VB adalah sebuah bahasa pemrograman yang menawarkan *Integrated Development Environtmen* (IDE) visual untuk membuat program software berbasis OS Microsoft Windows dengan menggunakan model pemrograman (COM). VB menawarkan pengembangan software komputer berbasis grafik dengan cepat, Visual Basic merupakan perkembangan dari bahasa pemrograman BASIC.

f. Bahasa Pemrograman JAVA (Tingkat Tinggi)

Java adalah bahasa pemrograman yang dapat dijalankan di berbagai komputer dan telepon genggam. Pemrograman Java bersifat non-spesifik/umum (general purpose) dan secara khusus didesain untuk memanfaatkan dependensi implementasi seminimal mungkin. Bahasa ini pertama kali dibuat oleh James Gosling dan dirilis tahun 1995.

g. Bahasa Pemrograman JavaScript (Tingkat Tinggi)

Berbeda dengan Bahasa JAVA, JavaScript ini adalah bahasa scripting yang berjalan pada sisi client. Bahasa pemrograman ini dikembangkan oleh Netscape. JavaScript sering digunakan untuk pembangunan web browser.

h. Bahasa Pemrograman PYTHON

Bahasa Pemrograman Python digunakan untuk berbagai macam keperluan pengembangan software (perangkat lunak) dan dapat bahasa ini juga bisa dijalankan di berbagai macam platform sistem operasi seperti Windows, Linux, Apple, dan sebagainya.

i. Bahasa Pemrograman RUBY

Ruby adalah bahasa pemrograman yang berorientasi obyek. Tujuan dari RUBY adalah menggabungkan kelebihan dari semua bahasa pemrograman scripting yang ada di dunia. Ruby ditulis dengan bahasa pemrograman C dengan kemampuan dasar menyerupai Perl dan Python.

j. Bahasa Pemrograman ColdFusion

ColdFusion adalah server aplikasi dan framework pengembangan software yang digunakan untuk mengembangkan software komputer, khususnya pada situs web dinamis.

k. Bahasa Pemrograman SQL (Tingkat Tinggi)

SQL atau kependekan dari *Structured Query Language* adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengakses data dalam basis data relasional. Bahasa ini secara umumnya dijadikan menjadi bahasa standar yang digunakan dalam manajemen basis data relasional.

Sekarang ini, hampir semua server basis data yang mendukung SQL untuk melakukan manajemen datanya.

l. Bahasa Pemrograman HTML (Tingkat Tinggi)

HTML (*Hypert Text Markup Language*) adalah bahasa markah yang digunakan untuk membuat sebuah halaman website dan menampilkan berbagai informasi seperti tulisan di dalam sebuah web browser internet.

m. Bahasa Pemrograman CSS

CSS (*Cascading Style Sheet*) adalah bahasa yang digunakan untuk mengatur tampilan suatu dokumen yang ditulis dalam bahasa markah (markup). Umumnya sering CSS digunakan untuk memformat atau memodifikasi halaman web yang ditulis dengan HTML dan XHTML. Tapi, bahasa ini juga dapat digunakan untuk semua jenis dokumen XML termasuk XUL dan SVG. Spesifikasi CSS diatur oleh W3C (*World Wide Web Consortium*).

n. Bahasa Pemrograman Perl

Bahasa pemrograman perl mirip dengan bahasa C. Perl digunakan untuk mesin dengan Sistem Operasi UNIX (BSD, Linux, SunOS, HP-UX). Perl juga tersedia untuk sistem operasi seperti Windows, DOS, VMS, EBCDIC, PocketPC, BeOS, dan PowerPC.

o. Bahasa Pemrograman Delphi (Tingkat Tinggi)

Biasanya delphi lebih sering digunakan untuk pengembangan aplikasi desktop dan enterprise database, tetapi sebagai perangkat pengembangan yang bersifat umum (general purpose), delphi juga dapat digunakan dalam berbagai jenis proyek pengembangan perangkat lunak.

Bahasa pemrograman Python merupakan bahasa pemrograman populer yang memiliki keunggulan sebagai berikut:

1. Mudah untuk digunakan dalam mengembangkan sebuah produk perangkat lunak, perangkat keras, Internet of Things, aplikasi web, maupun video game.
2. Selain memiliki keterbacaan kode yang tinggi, sehingga kode mudah dipahami, bahasa pemrograman ini memiliki library yang sangat banyak dan luas.
3. Merupakan bahasa yang mendukung ekosistem Internet of Things dengan sangat baik.

6.2 Konsep Dasar Pemrograman Python

Python merupakan salah satu bahasa pemrograman yang banyak digunakan oleh perusahaan besar maupun para developer untuk mengembangkan berbagai macam aplikasi berbasis desktop, web dan mobile. Python diciptakan oleh Guido van Rossum di Belanda pada tahun 1990 dan namanya diambil dari acara televisi kesukaan *Guido Monty Python's Flying Circus*. Van Rossum mengembangkan Python sebagai hobi, kemudian Python menjadi bahasa pemrograman yang dipakai secara luas dalam industri dan pendidikan karena sederhana, ringkas, sintak intuitif dan memiliki pustaka yang luas (Schuerer & Maufrais 2010).

Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi (*high level language*) yang dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1989 dan diperkenalkan untuk pertama kalinya pada tahun 1991. Python lahir atas dasar keinginan untuk mempermudah seorang *programer* dalam menyelesaikan tugas-tugasnya dengan cepat. Python dirancang untuk memberikan kemudahan yang sangat luar biasa kepada programer baik dari segi efisiensi waktu, maupun kemudahan dalam pengembangan program dan dalam hal kompatibilitas dengan sistem. Python bisa

digunakan untuk membuat program *standalone* dan pemrograman skrip (*Scripting Programming*).

Beberapa *feature* yang dimiliki Python antara lain:

1. Memiliki library yang luas, dalam distribusi Python telah disediakan modul-modul siap pakai untuk berbagai keperluan.
2. Memiliki tata bahasa yang jernih dan mudah dipelajari.
3. Memiliki aturan layout source code yang memudahkan pengecekan, pembacaan kembali, dan penulisan ulang source code tersebut.
4. Memiliki modular, mudah dikembangkan dengan menciptakan modul-modul baru, dimana modul-modul tersebut dapat dibangun dengan bahasa Python maupun C/C++.
5. Memiliki fasilitas pengumpulan sampah secara auto, seperti halnya pada bahasa pemrograman Java, Python memiliki fasilitas pengaturan penggunaan memory komputer sehingga para programmer tidak perlu melakukan pengaturan memori komputer secara langsung.

Apa itu python? Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dibuat oleh Guido Van Rossum dan dirilis pada tahun 1991 Python juga merupakan bahasa yang sangat populer belakangan ini. Selain itu python juga merupakan bahasa pemrograman yang multi fungsi contohnya python dapat digunakan untuk Machine Learning dan Deep Learning. Python dipilih sebagai penelitian karena python memiliki penulisan sintaksis yang mudah selain itu python juga memiliki library yang lengkap dan memiliki dukungan komunitas yang kuat karena python bersifat open source. Untuk menuliskan source code python anda dapat menggunakan IDE seperti vs code, sublime text, PyCharm atau anda juga dapat menggunakan IDE online seperti

Jupyter notebook dan google colab. Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang digagas oleh Guido van Rossum (Kalyani, A, 2017).

Mengapa bahasa python sangat populer? Jawabannya, karena python merupakan bahasa pemrograman yang sederhana, mudah dipelajari dan dipahami oleh para pemula jika dibandingkan dengan bahasa pemrograman lain seperti bahasa C dan C++ (Jacco, H., 2012; Kalyani, A., 2017). Kode bahasa Python berupa script, perintah-perintah atau pernyataan-pernyataan yang tidak memerlukan kompilasi sehingga bisa langsung dijalankan (I Wayan S, 2019).

Salah satu modul yang ditawarkan dalam program python adalah modul sympy, di mana modul ini menyediakan fasilitas operasi matematik simbolik, yang dapat dipergunakan untuk menyelesaikan perhitungan matematis seperti matriks, turunan, integral dan lain sebagainya. Python di anggap sebagai bahasa yang paling banyak digunakan di dalam bidang *Machine Learning* dan *Deep Learnig* hal ini dikarenakan selain penulisan sintaksis yang mudah Python juga didorong oleh komunitas yang besar selain itu python juga memiliki banyak library yang sangat mendukung Machine Learning dan Deep Learning berikut beberapa contoh library python yang cukup populer yang dapat digunakan untuk *Machine Learning* dan *Deep Learning*:

1. Numpy

Library ini berisikan fungsi matematika dengan kompleksitas tinggi dapat digunakan untuk memproses array dan matriks multidimensi yang besar. NumPy juga sangat berguna untuk menangani aljabar linier, transformasi Fourier, dan bilangan acak.

2. *SciPy*

Library ini menawarkan modul untuk aljabar linier, pengoptimalan gambar, interpolasi integrasi, fungsi khusus, transformasi Fast Fourier, pemrosesan sinyal gambar, penyelesaian dan tugas komputasi lainnya dalam sains dan analitik.

3. *Scikit Learn*

Library ini menyediakan banyak algoritma pembelajaran tanpa pengawasan dan pengawasan. Itu dibangun di atas beberapa teknologi yang mungkin sudah Anda kenal, seperti NumPy, panda, dan Matplotlib!

4. *Theano*

library yang memungkinkan Anda untuk mendefinisikan, mengoptimalkan, dan mengevaluasi ekspresi matematika yang melibatkan array multidimensi secara efisien.

5. *TensorFlow*

Librar yang populer untuk membuat model machine learning. TensorFlow mendukung berbagai toolkit yang berbeda untuk membangun model pada berbagai tingkat abstraksi.

6. *Keras*

Keras adalah library yang bekerja dengan blok bangunan jaringan saraf seperti lapisan, tujuan, fungsi aktivasi, dan pengoptimal. Keras juga memiliki banyak fitur untuk mengerjakan gambar dan gambar teks yang berguna saat menulis kode Deep Neural Network. Selain jaringan saraf standar, Keras mendukung jaringan saraf konvolusional dan berulang.

7. PyTorch

Library untuk Deep Learning ini dibuat untuk menyaingi TensorFlow, akan tetapi library ini dibuat agar lebih mudah dipahami dan dioperasikan. Library ini memungkinkan ilmuwan, pengembang, dan debugger jaringan saraf untuk menjalankan dan menguji bagian kode secara *real time*.

8. Pandas

Library Python paling populer yang digunakan untuk analisis data dengan dukungan untuk struktur data yang cepat, fleksibel, dan ekspresif yang dirancang untuk bekerja pada data "relasional" atau "berlabel". Pandas hari ini adalah library yang tak terelakkan untuk menyelesaikan analisis data dunia nyata yang praktis dengan Python.

9. Matplotlib

Library yang digunakan untuk visualisasi data. Visualisasi data memiliki peranan penting untuk memahami data secara lebih mendalam sebelum melakukan data-processing dan melatihnya dalam program machine learning (M. Riziq Sirfatullah Alfarizi, Muhamad Zidan Alfarish, Muhamad Taufiqurrahman, Ginan Ardiansah, Muhamad Elgar, 2023).

6.3 Sistem Operasi Pemrograman Python

Python merupakan bahasa pemrograman yang berorientasi obyek dinamis, dapat digunakan untuk bermacam-macam dukungan yang kuat untuk integrasi dengan bahasa pemrograman lain dan alat-alat bantu lainnya. *Python* hadir dengan pustaka-pustaka standar yang dapat diperluas serta dapat dipelajari hanya dalam beberapa hari. Bahasa

pemrograman yang interpretatif multiguna dengan filosofi perancangan yang berfokus pada tingkat keterbacaan kode.

Python diklaim sebagai bahasa yang menggabungkan kapabilitas, kemampuan, dengan sintaksis kode yang sangat jelas, dan dilengkapi dengan fungsionalitas pustaka standar yang besar serta komprehensif (Noprianto, 2002). *Python* adalah bahasa pemrograman interpretatif multiguna dengan filosofi perancangan yang berfokus pada tingkat keterbacaan kode. *Python* diklaim sebagai bahasa yang menggabungkan kapabilitas, kemampuan, dengan sintaksis kode yang sangat jelas, dan dilengkapi dengan fungsionalitas pustaka standar yang besar serta komprehensif. *Python* juga didukung oleh komunitas yang besar.

Python mendukung multi paradigma pemrograman, utamanya; namun tidak dibatasi; pada pemrograman berorientasi objek, pemrograman imperatif, dan pemrograman fungsional. Salah satu fitur yang tersedia pada *python* adalah sebagai bahasa pemrograman dinamis yang dilengkapi dengan manajemen memori otomatis. Seperti halnya pada bahasa pemrograman dinamis lainnya, *python* umumnya digunakan sebagai bahasa script meski pada praktiknya penggunaan bahasa ini lebih luas mencakup konteks pemanfaatan yang umumnya tidak dilakukan dengan menggunakan bahasa script.

Python dapat digunakan untuk berbagai keperluan pengembangan perangkat lunak dan dapat berjalan di berbagai platform sistem operasi. Saat ini kode *python* dapat dijalankan di berbagai platform sistem operasi, beberapa diantaranya adalah:

- Linux/Unix
- Windows
- Mac OS X
- Java Virtual Machine
- Amiga

- Palm
- Symbian (untuk produk-produk Nokia)

Python didistribusikan dengan beberapa lisensi yang berbeda dari beberapa versi. Namun pada prinsipnya *Python* dapat diperoleh dan dipergunakan secara bebas, bahkan untuk kepentingan komersial. Lisensi *Python* tidak bertentangan baik menurut definisi *Open Source* maupun *General Public License* (GPL).

6.4 Bahasa pemrograman Python

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang ditafsirkan, berorientasi objek, dengan semantik dinamis. Pemrograman tingkat tinggi yang dibangun dalam struktur data, dikombinasikan dengan pengetikan dinamis dan pengikatan dinamis, membuatnya sangat menarik untuk pengembangan aplikasi secara cepat, serta digunakan sebagai bahasa scripting untuk menghubungkan komponen yang ada bersama-sama. Sintaksis *Python* yang sederhana dan mudah dipelajari menekankan keterbacaan dan karenanya mengurangi biaya pemeliharaan program.

Python mendukung modul dan paket, yang mendorong modularitas program dan penggunaan kembali kode. *Interpreter Python* dan pustaka standar yang luas tersedia dalam bentuk sumber atau biner tanpa biaya untuk semua platform utama, dan dapat didistribusikan secara bebas (<https://www.python.org/about/apps/>). *Python* juga dapat dikolaborasikan dengan beberapa bahasa pemrograman seperti *Java*, *C++*, *Javascript*.

6.5 Django Framework

Django framework adalah sebuah kerangka yang didesain untuk membuat aplikasi web dinamis berbasis bahasa pemrograman *Python*. *Django* memiliki kerangka kerja dengan konsep *Model – View – Controller* (MVC). Keunggulan dari framework ini sendiri adalah memiliki panel admin atau halaman pengelolaan admin secara otomatis, memiliki library untuk melakukan otomatisasi proses pembuatan fungsi baru tanpa harus secara manual menulis kode baru, serta dibangun dengan *Object Relation Mapper* (ORM) yang membantu pengembang dalam berinteraksi dengan *database* dan dapat secara otomatis mentransfer data ke dalam *database* (<https://www.djangoproject.com/start/overview/>).

Python adalah bahasa pemrograman interpretatif multiguna dengan filosofi perancangan yang berfokus pada tingkat keterbacaan kode. *Python* diklaim sebagai bahasa yang menggabungkan kapabilitas, kemampuan, dengan sintaksis kode yang sangat jelas, dan dilengkapi dengan fungsionalitas pustaka standar yang besar serta komprehensif. *Python* bisa dibilang bahasa pemrograman dengan tujuan umum yang dikembangkan secara khusus untuk membuat *source code* mudah dibaca. *Python* juga memiliki *library* yang lengkap sehingga memungkinkan *programmer* untuk membuat aplikasi yang mutakhir dengan menggunakan *source code* yang tampak sederhana (Ljubomir Perkovic, 2012).

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono. Input dan Output *Workshop Python 101*.
<http://sakti.github.io/python101/io.html>, 28 mei 2018
- I Wayan, S., 2019. Metode Numerik. Edisi pertama, Arga Puji Press, Mataram.
- Jacco, H., 2012. Goodbye Matlab! Hello Python!; Chan ing the Programming Language in Our Curriculum. *Leonardo Times*, 16 (June) 2012, hal. 24-25. Society for Aerospace Engineering Students VSV Leonardo da Vinci.
- Kalyani, A., 2017. Python Programming-Applications and Future. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, Special Issue SIEICON-2017, Vol. 4, Issue 04, hal. 1-4, April 2017.
- Kontributor Wikipedia. Python (bahasa pemrograman). *Wikipedia, Ensiklopedia Bebas*. Wikipedia, Ensiklopedia Bebas, 29 mei 2018.
- M. Riziq sirfatullah Alfarizi, Muhamad Zidan Al-farish, Muhamad Taufiqurrahman, Ginan Ardiansah, Muhamad Elgar. 2023. PENGGUNAAN PYTHON SEBAGAI BAHASA PEMROGRAMAN UNTUK *MACHINE LEARNING* DAN *DEEP LEARNING*. Karimah Tauhid, Volume 2 Nomor 1 (2023), e-ISSN 2963-590X. Hlm 1-6.
- Mohammad Farid Naufal. 2018. Analisa Teknik Pembelajaran dan Pengajaran Pemrograman pada Universitas dan Industri. *JURNAL INFORMATIKA & MULTIMEDIA*, Vol. 10, No. 2, Tahun 2018. Hlm 1-8.
- Noprianto. 2002. Python dan Pemrograman Linux. Yogyakarta.

BIODATA PENULIS



Dr. Sastya Hendri Wibowo, S.Kom, M.Kom

Dosen Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Bengkulu

Penulis lahir di Manna Bengkulu Selatan Provinsi Bengkulu. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Bengkulu. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Informatika dan melanjutkan S2 dan S3 pada Jurusan Teknologi Informasi. Penulis menekuni bidang Teknologi Informasi .

BIODATA PENULIS



Dr. Purnawarman Musa, S.Kom., M.T., M.I.Kom

Dosen Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri

Penulis lahir di Gorontalo pada tahun 1975. Penulis adalah dosen tetap di Universitas Gunadarma. Menyelesaikan pendidikan pada program studi *Electronic Image and Informatic* dengan gelar Doktor (Dr.) pada bidang Teknologi Informasi dari Burgundy of University di kota Dijon, France pada tahun 2013. Penulis memperoleh gelar *Master of Engineering* (M.T.) tahun 2006 di Universitas Gunadarma Jakarta - Indonesia, gelar *Master of Communication* (M.I.Kom) tahun 2021 di Universitas Gunadarma, Jakarta - Indonesia dan tahun 1999 menyelesaikan pendidikan S1 jurusan *Computer Engineering* (S.Kom) di Universitas Gunadarma, Jakarta - Indonesia. Penulis menekuni bidang robotika, visi komputer & kecerdasan buatan, sensor, dan sistem tertanam.

BIODATA PENULIS



Ir.Marina Artiyasa ST.MT.IPM

Dosen Teknik Elektro

Universitas Nusa Putra Sukabumi

Penulis lahir di Bandung , jawa barat , 3 Desember 1973. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Elektro di Universitas Nusa Putra di Kab Sukabumi . Menyelesaikan pendidikan S1 Telekomunikasi Universitas Pakuan Bogor 1999 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Manajemen Telekomunikasi 2011 di kampus Universitas Mercubuana Jakarta. Penulis hobi membaca dan juga browsing internet .

BIODATA PENULIS



Dedy Abdianto Nggego, S.SI., M.Kom
Dosen Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Musamus

Penulis lahir di Poso tanggal 11 September 1992. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik, Universitas Musamus. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Sistem Informasi dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Informatika. Penulis menekuni bidang kecerdasan buatan (machine learning).

BIODATA PENULIS



Dr. Irwanto, S.Pd.T., M.T.

Dosen Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Penulis lahir di Jambu, 10 Oktober 1983 merupakan Dosen bidang Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA), Serang-Banten. Semua Pendidikan mulai dari program Sarjana, Magister dan Doktor di selesaikan di Universitas Negeri Yogyakarta Dengan Jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (PTK). Penyangang gelar Doktor ke 108 Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta dan merupakan Doktor ke 18 Program Studi Pendidikan Teknologi Kejuruan (PTK) Universitas Negeri Yogyakarta. Di luar itu, juga sebagai asisten pengajar Prof. Dr. Sugiyono, M.Pd. Untuk Mata Kuliah Statistik Pendidikan, Manajemen Pendidikan, Teknik Analisis Data Kuantitatif dan Metode Penelitian Pendidikan di Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta.