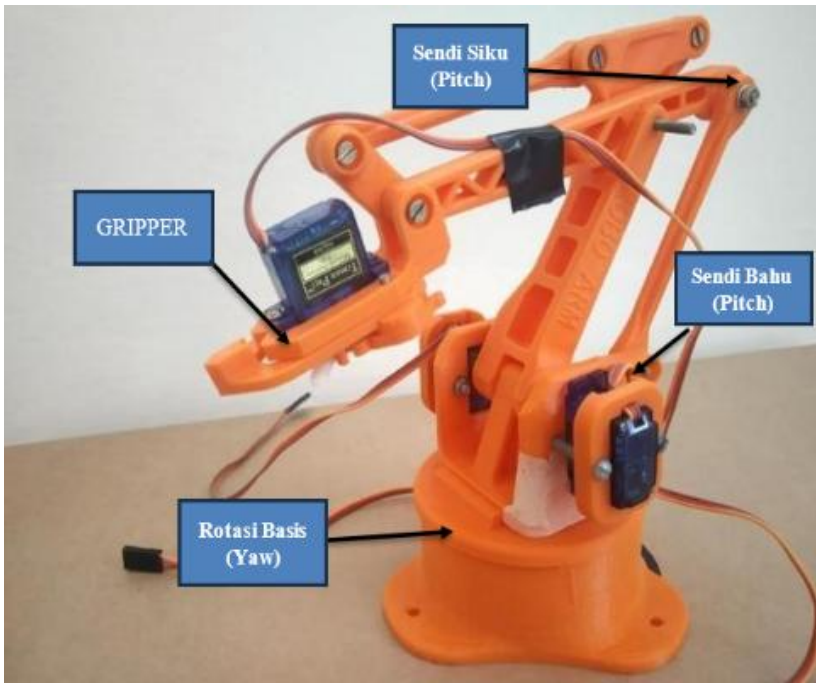


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terdahulu



**Gambar 2.1** Getting ready the 3D printed Robotic ARM

Lengan Robot hasil cetak 3D yang digunakan dalam tutorial ini dibuat dengan mengikuti desain yang diberikan oleh EEZYbotARM yang tersedia di Thingiverse. Prosedur lengkap untuk membuat lengan robot hasil cetak 3D dan detail perakitan dengan video tersedia di tautan Thingiverse, yang dibagikan di atas.

Tangan robot ini mempunyai 4 DOF (Degrees of Freedom) atau derajat kebebasan pada lengan robotik berarti lengan tersebut memiliki empat gerakan atau sumbu rotasi yang independen. Setiap "derajat kebebasan" memungkinkan sendi atau bagian dari lengan robotik untuk bergerak

dengan cara tertentu, memberikan fleksibilitas dan kontrol yang lebih baik terhadap pergerakannya. Berikut penjelasan mengenai lengan robotik dengan 4 DOF

**4DOF (4 Degrees of Freedom)** adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan jumlah **sumbu gerak bebas** yang dapat dilakukan oleh suatu sistem mekanik, seperti robot atau manipulator.

#### **Apa itu DOF (Degrees of Freedom)?**

1. DOF adalah jumlah gerakan bebas (baik translasi maupun rotasi) yang dapat dilakukan oleh sebuah benda.
2. Secara umum, sebuah benda bisa bergerak dalam 6 arah:

**Translasi X, Y, Z** (maju-mundur, kiri-kanan, atas-bawah)

**Rotasi Roll, Pitch, Yaw** (putar terhadap sumbu X, Y, Z)

#### **4DOF berarti:**

Sistem atau robot tersebut hanya memiliki 4 gerakan bebas.

Contoh konfigurasi 4DOF pada robot lengan:

1. Putaran basis (rotasi di sumbu vertikal)
2. Gerakan naik-turun lengan pertama
3. Gerakan maju-mundur lengan kedua
4. Gerakan gripper (membuka-menutup) atau rotasi pergelangan tangan

Jadi, robot atau mekanisme 4DOF hanya bisa bergerak di 4 arah seperti:

1. **Rotasi Basis (Yaw):** Derajat kebebasan pertama memungkinkan lengan berputar di sekitar basisnya, sehingga menghasilkan gerakan horizontal (kiri-kanan). Ini mirip dengan cara lengan manusia bisa berputar di bahu dalam gerakan melingkar.
2. **Sendi Bahu (Pitch):** Derajat kebebasan kedua memungkinkan lengan bergerak naik turun dari bahu, menghasilkan gerakan vertikal. Sendi ini biasanya bertanggung jawab untuk mendekatkan atau menjauhkan lengan dari objek yang sedang dioperasikan.
3. **Sendi Siku (Pitch):** Derajat kebebasan ketiga mengontrol siku, memungkinkan lengan untuk menekuk, mirip dengan cara kerja siku manusia. Ini memberikan kemampuan untuk menempatkan end-

effector atau gripper dengan lebih presisi.

4. **Gripper:** Gripper bertindak sebagai end-effector, bagian yang berinteraksi langsung dengan objek yang dioperasikan. Biasanya dilengkapi dengan mekanisme bukaan yang dapat dikendalikan, memungkinkan lengan robot untuk menangkap, memegang, atau mengangkat objek. Gripper ini penting untuk berbagai aplikasi, termasuk pemindahan barang, perakitan, atau tugas-tugas yang membutuhkan manipulasi objek dengan presisi. Dalam lengan robotik ini, gripper dapat digerakkan melalui kontrol servo untuk membuka dan menutup, memungkinkan penggunaannya untuk mengatur tingkat kekuatan dan posisi yang sesuai dengan objek yang dipegang.

#### **Penyandang Disabilitas: Stroke Ringan dan Cerebral Palsy**



**Gambar 2.2** penyandang disabilitas

Penyandang disabilitas yang mengalami stroke ringan dan cerebral palsy sering menghadapi tantangan dalam mobilitas dan kontrol otot. Stroke ringan, atau *mild stroke*, terjadi ketika pasokan darah ke otak terganggu sementara waktu,

menyebabkan kelemahan atau hilangnya kontrol pada otot tertentu, terutama di satu sisi tubuh. Kondisi ini memengaruhi kemampuan motorik halus dan kasar sehingga penderita mengalami kesulitan dalam aktivitas sehari-hari, termasuk menggenggam dan mengangkat benda. Mereka biasanya membutuhkan terapi fisik dan alat bantu untuk mendukung pergerakan dan rehabilitasi.

Sementara itu, cerebral palsy adalah kondisi neurologis yang memengaruhi perkembangan otot dan koordinasi motorik sejak masa kanak-kanak. Orang dengan cerebral palsy menghadapi tantangan dalam koordinasi dan

kekuatan otot yang dapat mempengaruhi kemampuan mereka untuk melakukan tugas sederhana, seperti meraih dan memegang benda. Beberapa gejala umum cerebral palsy meliputi kekakuan otot (spastisitas), gerakan yang tidak terkontrol, dan kesulitan menjaga keseimbangan.

Teknologi robotik, seperti lengan robot dengan 4 DOF, dapat menjadi alat bantu yang signifikan bagi penyandang disabilitas ini. Lengan robotik yang dirancang dengan fleksibilitas dan kontrol presisi dapat mendukung pasien dalam melakukan aktivitas sehari-hari secara mandiri. Misalnya, lengan robotik ini dapat digunakan untuk membantu dalam latihan gerakan dasar, seperti melatih kemampuan motorik dengan gerakan tangan yang sederhana. Selain itu, lengan robotik ini juga dapat digunakan untuk membuat permainan kecil, seperti memasukkan kubus ke dalam kotak menggunakan gerakan tangan dasar. Aktivitas ini tidak hanya melatih koordinasi dan kekuatan otot tetapi juga memberikan elemen hiburan dalam proses rehabilitasi, sehingga pasien merasa lebih termotivasi untuk terus berlatih.

Tabel 2.1 Template Tabel Bab 2

	<b>Judul</b>	<b>Permasalahan</b>	<b>Solusi</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Kelebihan dan kekurangan</b>
1	(Utomo, 2020)	Kendala dalam mengoperasikan robot lengan karena diperlukan pemrograman yang sulit bagi orang awam	Membuat sistem kendali robot lengan 4 DOF yang dikendalikan dengan gerakan tangan menggunakan sensor MPU-6050 dan potensiometer tanpa perlu pemrograman rumit.	Membuat sistem kendali yang mudah digunakan, dimana lengan robot dapat dikendalikan hanya dengan menggerakkan tangan dan menekan tombol.	Kelebihan : Sistem kontrol berbasis gerakan tangan mempermudah operasi robot. Kekurangan: Terbatas pada robot lengan DOF, belum diuji pada aplikasi lebih kompleks atau pada lengan robot dengan DOF lebih tinggi.
2	(Kurniawa, 2022)	Kendala dalam menciptakan	Penggunaan sensor Efek Hall Linier	Merancang dan mengimplem	Kelebihan: Presisi Tinggi dan responsifit:

		<p>kendali robotik yang responsif dan presisi menggunakan teknologi sensor konvensional.</p>	<p>SS49E untuk mendeteksi perubahan medan magnet dan mengonversinya menjadi gerakan robotik yang lebih halus dan akurat..</p>	<p>entasikan sistem kendali tangan robotik yang menggunakan sensor Efek Hall Linier</p>	<p>gerakan. Kekurangan: Membutuhkan kalibrasi khusus untuk medan magnet yang optimal.</p>
3	<p>(Dr. Katherasan Duraisamy, 2022)</p>	<p>Tantangan dalam mengontrol tangan robotik dengan presisi menggunakan gesture atau Gerakan tangan sebagai input kendali.</p>	<p>Memanfaatkan sensor berbasis gesture, seperti accelerometer dan gyroscope, untuk mendeteksi gerakan tangan dan menerjemahkannya dalam gerakan robotik</p>	<p>Mengembangkan sistem kontrol tangan robotik berbasis gesture yang mampu menangkap gerakan alami pengguna dan mentranslasikannya ke gerakan robot.</p>	<p>Kelebihan: Pengendalian yang intuitif Dan real-time. Kekurangan: Keterbatasan pada kompleksitas gerakan yang dapat dideteksi dengan tepat</p>

4	(Kim, 2022)	Sulitnya integrasi antara sistem kendali gesture dengan robotik industri yang memerlukan ketepatan tinggi.	Mengembangkan glove sensor menggunakan IMU dan sensor fleksibel untuk mengontrol lengan robot 6 DOF.	Menghubungkan pergerakan tangan manusia ke sistem robotik industri dengan akurasi tinggi	<p><b>Kelebihan:</b> Dapat digunakan pada robot industri dengan akurasi tinggi.</p> <p><b>Kekurangan:</b> Biaya tinggi dan konsumsi daya lebih besar.</p>
5	(Rodiguez, 2020)	Kurangnya aksesibilitas bagi penyandang disabilitas dalam.	Menggunakan EMG (Electromyography) sensor untuk membaca sinyal otot pengguna dan menggerakkan robot.	Menyediakan antarmuka alami bagi penyandang disabilitas untuk mengontrol robot lengan.	<p><b>Kelebihan:</b> Inklusif untuk pengguna dengan keterbatasan fisik.</p> <p><b>Kekurangan:</b> Membutuhkan pelatihan dan adaptasi sinyal otot.</p>

---

---



### **Research Gap dalam penelitian ini adalah :**

1. Pada penelitian Desain Kendali Tangan Robotik dengan Sensor Efek Hall Linier SS49E (Skripsi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta) menggunakan sensor Hall Efek SS49E umumnya fokus pada pengukuran medan magnet untuk kontrol motor dan perangkat lainnya. Namun, aplikasi pada sistem kendali tangan robotik masih jarang diimplementasikan secara menyeluruh, khususnya untuk kendali gerakan jari secara presisi. Penelitian tersebut belum ada penelitian yang secara spesifik mengoptimalkan penggunaan sensor efek Hall linier dalam sistem kontrol gerak tangan robotik yang berfokus pada penerjemahan variasi medan magnet menjadi gerakan robot yang halus dan presisi. Penelitian ini berpotensi untuk memperluas penerapan sensor SS49E dalam sistem robotik dengan memberikan solusi kendali gerakan yang lebih sensitif dan akurat.
2. Gesture Controlled Robotics Hand (International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)). Sistem kendali berbasis gesture telah banyak diteliti dengan penggunaan sensor accelerometer, gyroscope, dan metode lain seperti computer vision untuk mengontrol robot tangan. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada gestur dasar dan sering menghadapi keterbatasan dalam mengenali gerakan yang lebih kompleks. Selain itu, banyak sistem yang kurang responsif ketika harus beroperasi dalam waktu nyata dengan latensi yang rendah. Penelitian ini bisa mengeksplorasi peningkatan algoritma pengenalan gestur untuk mendukung gerakan yang lebih kompleks serta optimasi respons waktu nyata pada sistem kontrol robot tangan.
3. Research Gap: Kendali Robot Lengan 4 DOF Berbasis Arduino Uno dan

Sensor MPU-6050. Penelitian yang menggunakan Arduino Uno dan sensor MPU-6050 (accelerometer dan gyroscope) telah banyak diaplikasikan dalam berbagai sistem kontrol gerakan robot. Arduino Uno sering digunakan untuk prototipe karena kemudahannya, sedangkan MPU-6050 umum digunakan untuk mendeteksi orientasi dan percepatan gerak. Namun, sebagian besar penelitian masih terbatas pada penerapan sistem ini untuk lengan robot sederhana dengan DOF (degree of freedom) yang lebih rendah atau fokus pada pengendalian gerakan dasar. Selain itu, algoritma untuk membaca data dari sensor MPU-6050 sering kali belum optimal dalam hal filtering noise dan stabilitas orientasi jangka panjang, terutama pada robot dengan lebih dari 3 DOF. Penelitian ini memiliki potensi untuk mengisi gap dengan mengoptimalkan pengolahan data sensor MPU-6050 untuk lengan robot dengan 4 DOF. Dengan pengolahan data sensor yang lebih akurat dan algoritma yang lebih efisien, penelitian ini dapat meningkatkan responsivitas dan stabilitas gerakan robot lengan. Selain itu, kombinasi antara pengendalian berbasis sensor MPU-6050 dan Arduino Uno untuk sistem 4 DOF bisa menjadi solusi murah dan efektif untuk aplikasi robotik yang lebih kompleks

## 2.2. Teori Terkait

### 2.1.1 MPU6050 Gyroscopic & Accelerometer Sensor



**Gambar 2.2** MPU6050 Gyroscopic & Accelerometer Sensor

MPU6050 didasarkan pada teknologi Sistem Mikro-Mekanik (MEMS). Sensor ini memiliki akselerometer 3 sumbu, giroskop 3 sumbu, dan sensor suhu internal. Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur parameter seperti Akselerasi, Kecepatan, Orientasi, Perpindahan, dll. Kami sebelumnya telah menghubungkan MPU6050 dengan Arduino dan Raspberry Pi dan juga membangun beberapa proyek menggunakannya seperti robot Self Balancing, Arduino Digital Protractor, dan Arduino Inclinator.

#### **Gyroscopic Sensor (Gyroscope)**

##### **Pengertian:**

1. Gyroscopic sensor atau giroskop adalah sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan sudut (rotasi) suatu benda terhadap satu atau lebih sumbu (X, Y, Z).
2. Gyroscope tidak mendeteksi posisi secara langsung, tapi mendeteksi berapa cepat benda tersebut berputar.

##### **Cara Kerja:**

1. Prinsip utamanya adalah Hukum Kekekalan Momentum Sudut.

2. Di dalamnya ada rotor atau elemen getar (MEMS) yang mempertahankan orientasinya. Jika sensor diputar, akan ada gaya Coriolis yang terdeteksi.
3. Gaya ini diubah menjadi sinyal listrik untuk menunjukkan arah dan kecepatan rotasi.

**Output:**

1. Biasanya dalam satuan derajat/detik ( $^{\circ}/s$ ) atau radian/detik ( $rad/s$ ).
2. Contoh: jika gyroscope membaca  $90^{\circ}/s$  di sumbu Z, artinya objek berputar  $90^{\circ}$  per detik terhadap sumbu Z.

**Accelerometer Sensor**

**Pengertian:**

1. Accelerometer adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan linier (perubahan kecepatan) terhadap satu atau lebih sumbu.
2. Selain mendeteksi percepatan, accelerometer juga bisa mendeteksi arah gravitasi, sehingga bisa digunakan untuk mengetahui kemiringan (tilt).

**Cara Kerja:**

1. Umumnya menggunakan teknologi MEMS (Micro Electro Mechanical System).
2. Di dalam sensor ada massa kecil yang ditopang oleh pegas mikro. Jika sensor dipercepat, massa ini bergerak, dan perubahan posisi tersebut diubah menjadi sinyal listrik.
3. Dengan memanfaatkan gravitasi bumi ( $1g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ), accelerometer juga bisa mendeteksi orientasi (apakah miring, horizontal, atau vertikal).

**Output:**

1. Biasanya dalam satuan  $m/s^2$  atau g (gravitasi).
2. Contoh: jika sensor membaca  $1g$  pada sumbu Z, berarti sensor sedang diam dan orientasinya tegak lurus terhadap gravitasi.

### 2.2.1 Arduino Uno



**Gambar 2.2** Arduino Uno

**Arduino Uno** adalah salah satu papan mikrokontroler (microcontroller board) yang paling populer dalam keluarga Arduino. Arduino Uno dirancang untuk memudahkan pembuatan proyek elektronika dan pemrograman mikrokontroler,.

### 2.2.2 10k Resistor



**Gambar 2.3** 10k Resistor

Resistor 10k adalah resistor pasif tetapi sangat membantu dalam mengendalikan aliran arus listrik di sirkuit. Resistor ini disebut resistor 10k ohm karena resistansinya sebesar 10.000 Ohm. Resistor ini mudah dikenali dengan bantuan pitawarnya.

### 2.2.3 Sarung tangan



**Gambar 2.3** Sarung tangan

Untuk memastikan kontrol gripper yang lebih halus dan intuitif, sarung tangan dapat dilengkapi dengan flex sensor yang ditempatkan pada jari telunjuk. Flex sensor ini akan mendeteksi lengkungan atau tekukan jari, dan data dari sensor ini akan digunakan untuk mengontrol gerakan gripper pada lengan robotik. Dengan menggabungkan data dari sensor gerak MPU-6050 untuk kontrol arah dan posisi lengan serta data dari flex sensor untuk kontrol gripper, sistem ini akan mampu menerjemahkan gerakan tangan secara menyeluruh dan akurat ke dalam gerakan mekanis pada lengan robot.