

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **1.1 Tinjauan Pustaka**

Dalam penyusunan tugas akhir ini, dilakukan peninjauan terhadap beberapa penelitian dan jurnal yang memiliki keterkaitan dengan sistem robot arm, sensor gerak, mikrokontroler, serta komunikasi nirkabel yang digunakan pada perancangan alat. Referensi tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan metode, komponen, dan konsep sistem yang diterapkan pada penelitian ini. Referensi pertama diambil dari jurnal "Implementasi Sistem Pengendali Jari Tangan Robot Dengan Sensor Flex Menggunakan Metode Map". Pada penelitian tersebut dijelaskan penggunaan sensor flex sebagai perangkat input untuk mendeteksi tingkat kelengkungan jari tangan manusia yang kemudian dikonversi menjadi gerakan pada jari tangan robot menggunakan metode mapping. Sensor flex digunakan untuk mengubah perubahan resistansi akibat tekukan menjadi data yang dapat diproses oleh mikrokontroler sehingga menghasilkan gerakan robot yang mengikuti pergerakan tangan pengguna.

Konsep ini menjadi dasar dalam penggunaan empat buah sensor flex pada penelitian yang dilakukan untuk mengendalikan beberapa aktuator servo pada arm manipulator. Referensi berikutnya diambil dari jurnal "Kendali Robot Lengan 4 DoF Berbasis Arduino Uno dan Sensor MPU-6050". Pada penelitian tersebut digunakan sensor MPU-6050 untuk mendeteksi orientasi dan pergerakan tangan operator yang kemudian diterjemahkan menjadi gerakan robot lengan. Sensor MPU-6050 menggabungkan accelerometer dan gyroscope sehingga mampu memberikan informasi posisi dan sudut gerakan secara real-time. Konsep tersebut digunakan dalam penelitian ini untuk mengendalikan gerakan pergelangan tangan arm manipulator agar dapat mengikuti orientasi tangan operator dengan lebih presisi. Referensi selanjutnya berasal dari jurnal "Sistem Kontrol Robot Pemindah Barang Menggunakan Aplikasi Android Berbasis Arduino Uno". Pada penelitian tersebut dijelaskan penerapan sistem kendali jarak jauh pada robot pemindah barang untuk mengurangi kontak langsung manusia dengan objek yang berpotensi berbahaya. Konsep pengendalian robot sebagai pengganti aktivitas manusia pada lingkungan berisiko menjadi salah satu dasar dalam perancangan arm manipulator yang dibuat pada penelitian ini. Selain itu, penelitian ini juga mengacu pada jurnal "Pengendalian Motor Servo yang Terintegrasi dengan Webcam Berbasis Internet dan Arduino" yang membahas penggunaan motor servo sebagai aktuator utama dalam sistem robotika. Pada penelitian

tersebut motor servo digunakan untuk menghasilkan gerakan dengan kontrol sudut yang presisi. Konsep tersebut diterapkan pada penelitian ini dengan menggunakan enam buah motor servo sebagai penggerak utama setiap sendi arm manipulator sehingga mampu menghasilkan gerakan yang sesuai dengan input sensor.

Referensi berikutnya diambil dari jurnal "Mikrokontroler ESP32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web". Pada penelitian tersebut dijelaskan kemampuan ESP32 sebagai mikrokontroler yang memiliki fitur WiFi terintegrasi sehingga mampu melakukan komunikasi data secara nirkabel. Berdasarkan referensi tersebut, penelitian ini menggunakan dua buah mikrokontroler ESP32 yang berkomunikasi menggunakan protokol ESP-NOW untuk mengirimkan data sensor dari sarung tangan pengendali menuju arm manipulator secara real-time tanpa memerlukan akses internet maupun router. Pada penelitian yang dilakukan saat ini, sistem dirancang menggunakan kombinasi empat sensor flex, sensor gyroscope MPU-6050, serta sensor kompas digital HMC5883L sebagai perangkat masukan. Data sensor diolah oleh mikrokontroler ESP32 pada sarung tangan pengendali kemudian dikirim secara wireless menggunakan protokol ESP-NOW menuju ESP32 pada arm manipulator.

Selanjutnya data tersebut digunakan untuk mengendalikan enam motor servo yang berfungsi sebagai aktuator pada robot arm. Dengan penerapan sistem ini diharapkan robot mampu mengikuti gerakan tangan operator secara real-time dan dapat digunakan untuk memindahkan benda berbahaya tanpa kontak langsung dengan manusia.

## 1.2 Sensor Flex

Flex Sensor adalah sensor dengan perubahan resistansi dikarenakan adanya ubahan lekukan pada badan sensor. Sensor tersebut memiliki *output* yaitu resistansi. Sensor Flex membutuhkan tegangan +5V agar dapat bekerja optimal. *Output* resistansi akan diberikan tegangan yang akan dibaca oleh mikrokontroler. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi pergerakan tangan manusia atau bagian lekukan pada benda lain. Mikrokontroler akan mengkonversi data menggunakan ADC (*analog to digital converter*), karena itu sensor flex ini dapat dipasangkan pada jari-jari manusia atau benda lainnya dan mampu mengikuti kelengkungan [4].



Gambar 2. 1 Flex Sensor

### 1.3 Motor Servo

Motor servo menggunakan sistem kontrol *close loop*. Motor servo adalah aktuator putar dengan sistem *close loop* maka dari itu perangkat ini dapat di atur posisi sudutnya dari poros *output* motornya. Perangkat ini dapat bergerak dengan ada batasan sudut tertentu namun tidak secara kontinyu. Tetapi dalam beberapa kasus motor servo ini dapat dimodifikasi sehingga bergerak secara kontinyu [5]



Gambar 2. 2 Motor Servo

### 1.4 Sensor Gyroscope MPU-6050

Sensor *Gyroscope* MPU-6050 merupakan sensor yang menghubungkan *MEMS Accelerometer* dan sebuah *MEMS Gyroscope* yang saling berkomunikasi. Modul ini adalah sebuah modul yang mempunyai inti *MPU-6050* yang terdapat *6 axis motion processing unit* dan ditambah dengan regulator tegangan sehingga modul ini dapat digunakan dengan suplai tegangan 3-5 Vdc. Modul ini mempunyai *interface* 12C yang bisa disambungkan langsung ke MCU yang sama-sama mempunyai saluran 12C [6].



Gambar 2. 3 Sensor Gyroscope MPU-6050

### 1.5 Sensor Kompas HMC5883L

DT-Sense 3 *Axis Compass* adalah modul sensor medan magnet menggunakan IC HMC5883L produksi Honeywell. IC HMC5883L adalah chip yang didesain sebagai penggunaan pembaca medan magnet yang cocok untuk sensor smartphone, netbook, sistem navigasi otomatis (HoneyWell. (2013). Sensor ini memiliki *interface* 2 pin 12C. Sensor ini menggunakan medan magnet sebagai arah dari deteksinya yang mengakibatkan sensor ini sensitif dengan adanya rotasi dan arah hadap sensor. HMC5884L memiliki sensor magnetoresistive HMC118X series dengan resolusi tinggi, ditambah dengan adanya ASIC dengan *kontent amplification, automatic degaussing strap driver, offset cancellation* dan 12bit ADC yang membuat tingkat akurasi kompas mencapai 1 sampai 2 derajat [6].

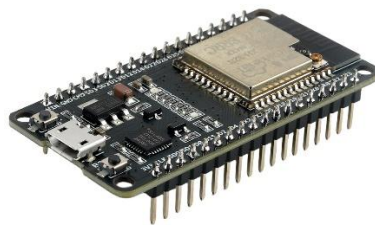


Gambar 2. 4 Sensor Kompas HMC5883L

### 1.6 Mikrokontroler ESP-32

Mikrokontroler EPS-32 adalah mikrokontroler berbasis SoC (*System on Chip*) dilengkapi dengan *WiFi, Bluetooth*, dan berbagai *peripheral*. ESP-32 merupakan

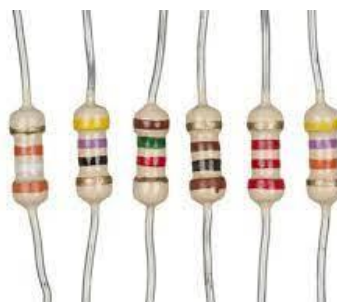
mikrokontroler yang memiliki kelengkapan yang cukup. Terdapat IC prosesor, penyimpanan dan akses GPIO (*General Purpose Input Output*). Mikrokontroler ini dapat digunakan pada rangkaian pengganti Arduino, ESP-32 berkemampuan untuk terkoneksi pada *WiFi* secara langsung [2].



Gambar 2. 5 ESP-32

### 1.7 Resistor

Resistor adalah sebuah komponen pasif yang punya fungsi hambat/mengatur arus listrik. Resistor memiliki lambang R dengan satuan *Ohm* ( $\Omega$ ). Resistor dapat digunakan dalam jaringan elektronik dan sirkuit elektronik. Karakteristik dari resistor yaitu resistansinya dan daya yang dapat dialirkan, karakteristik lain yaitu koefisien suhu, induktansi, dan desah listrik. Resistor digunakan dalam sirkuit hibrida dan papan sirkuit cetak dan juga sirkuit terpadu. Besar Resistansi dan letak kaki bergantung pada desain elektronika yang dibutuhkan, kebutuhan daya resistor harus cukup dan sesuai dengan kebutuhan arus rangkaian agar tidak terbakar [7].



Gambar 2. 6 Resistor

### 1.8 Arduino IDE

Software untuk memprogram board arduino menggunakan driver dan Arduino IDE. *Integrater Development Environment* atau IDE adalah program khusus untuk komputer yang digunakan dalam membuat rancang sistem. Arduino IDE ditulis menggunakan pemrograman Java yang terdiri dari editor program, *verify*, *uploader* [8].



Gambar 2. 7 Arduino IDE

### 1.9 Modul Step Down LM2596

Modul *step down* LM2596 merupakan converter untuk penurun tegangan yang mengkonversi tegangan masuk AC menjadi tegangan DC. Modul LM2596 memiliki keunggulan pada besar tegangan output tidak akan berubah-ubah, walaupun tegangan input tidak stabil [9].

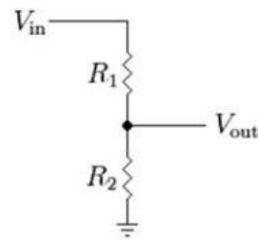


Gambar 2. 8 Modul Step Down LM2596

### 1.10 Pembacaan Sensor Flex

Sensor flex merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi kelengkungan. Prinsip kerja dari sensor flex mirip dengan resistor variabel, apabila sensor flex semakin melengkung maka nilai resistansinya akan makin besar. Digunakannya rangkaian pembagi tegangan agar dapat membaca nilai tegangan sensor flex [10].

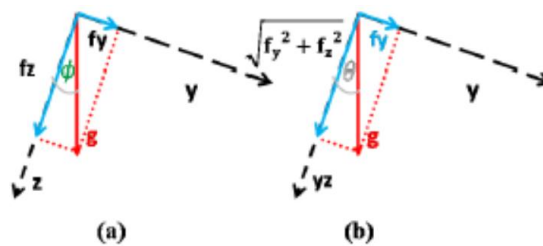
$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}$$



Gambar 2. 9 Rangkaian Pembagi Tegangan

### 1.11 Orientasi Sudut dengan Sensor Akselerometer

Penggunaan sensor akselerometer adalah untuk menghitung sudut *pitch* dan *roll* pada benda. Dengan pembentukan sudut ditunjukkan oleh gambar 12 [11].



Gambar 3. 1 Pembentukan sudut akselerometer

$$\begin{bmatrix} f_x \\ f_y \\ f_z \end{bmatrix} = g \begin{bmatrix} \sin \theta \\ -\cos \theta \sin \phi \\ -\sin \theta \cos \phi \end{bmatrix}$$

$f_x, f_y, f_z$  adalah percepatan pada sumbu x, y, dan z.  $\theta$  merupakan sudut *roll*,  $g$  merupakan nilai percepatan gravitasi, dan  $\phi$  adalah sumbu *pitch*, sehingga

$$\frac{f_y}{f_z} = \frac{-g \cos \theta \sin \phi}{-g \cos \theta \cos \phi}$$

$$\frac{f_y}{\sqrt{f_y^2 + f_z^2}} = \frac{-g \sin \theta}{\sqrt{g^2 \cos^2 \theta (\sin^2 \phi + \cos^2 \phi)}}$$

Dengan penyederhanaan persamaan maka didapat

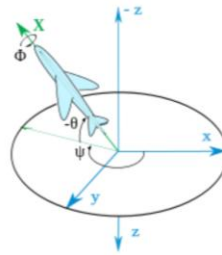
$$\tan \phi = \frac{fy}{fz}, \tan \theta = \frac{-fx}{\sqrt{fy^2 + fz^2}}$$

Maka nilai  $\theta$  dan  $\phi$ .

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{fy}{fz}\right), \theta = \tan^{-1}\left(\frac{-fx}{\sqrt{fy^2 + fz^2}}\right)$$

### 1.12 Orientasi Sudut dengan Gyroscope Sensor

Kecepatan sudut benda diukur menggunakan sensor *gyroscope* mempunyai acuan dengan lambang  $p$ ,  $q$  dan  $r$ . data dari sensor *gyroscope* diubah sesuai dengan rotasi euler angles yang mempunyai acuan kutub bumi. Hal tersebut bisa dilakukan dengan adanya kendali matriks rotasi sumbu *pitch*, *roll*, dan *yaw* [11].



Gambar 3. 2 Koordinat sumbu pitch, roll, dan yaw

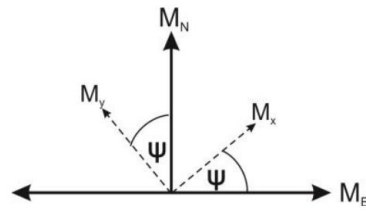
Dengan persamaan sumbu euler adalah dimana  $\phi$  merupakan kecepatan sudut *pitch*,  $\theta$  merupakan kecepatan sudut *roll*  $\Psi$  merupakan kecepatan sudut *yaw*.

$$\begin{bmatrix} \phi \\ \theta \\ \Psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \sin \phi \tan \theta & \cos \phi \tan \theta \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 0 & \frac{\sin \phi}{\cos \theta} & \frac{\cos \phi}{\cos \theta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix}$$

### 1.13 Orientasi Sudut dengan Sensor Magnetometer

Magnetometer merupakan alat elektronik yang digunakan dalam pengukuran kekuatan medan magnet. Medan magnet bumi utara menyebabkan sensor dapat mengukur sudut terhadap bagian arah utara bumi. Hubungan vektor medan magnet bumi utara ( $M_N$ ) dan

magnet bumi timur ( $M_E$ ) dengan besar pembacaan sensor terhadap sumbu X sensor ( $M_x$ ) dan sumbu Y sensor ( $M_y$ ) [11].



Gambar 3. 3 Bentuk sudut magnetometer

$$\begin{bmatrix} M_y \\ M_x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\Psi & -\sin\Psi \\ \sin\Psi & \cos\Psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_N \\ M_E \end{bmatrix}$$

Vektor medan magnet bumi yang dipecah dalam masing-masing sumbu dengan sumbu Y mengarah pada arah utara yang menyebabkan vektor medan magnet bumi ke arah timur sama dengan nol ( $M_E=0$ ).

$$\begin{bmatrix} M_y \\ M_x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\Psi & M_N \\ \sin\Psi & M_N \end{bmatrix}$$

$$\Psi = \left( \frac{M_x}{M_y} \right)$$