

## BAB 2

### DASAR TEORI

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian ini penulis melakukan beberapa kajian pustaka, diantaranya observasi dalam lingkup Perancangan Tangan Prostesis Berbasis Arduino UNO, kajian pustaka selanjutnya adalah membaca beberapa literasi dan referensi diantaranya adalah beberapa penelitian sebelumnya.

Penelitian [6] menyatakan bahwa Penelitian ini langsung diimplementasikan kepada pasien dan mendapatkan hasil bahwa tiga dari lima pasien yang berpartisipasi dalam penelitian ini melaporkan kerusakan atau tidak berfungsinya *3D Hand Prosthetic*. Masalah utama yang terjadi berasal dari material bahan 3D yang di pakai yaitu PLA karena adanya kelembapan dan suhu tinggi sehingga mengalami degradasi yang signifikan hingga mempengaruhi daya tahan dan fungsi perangkat. Namun, dalam segi praktis dan efektivitas biaya metode ini merupakan pilihan baru yang menjanjikan bagi para dokter dan pasien.

Penelitian [7] Menyatakan bahwa Penelitian ini menciptakan *Hand Prosthetic* yang bekerja seperti simulasi tangan manusia dengan presisi biaya rendah. Menggunakan Motor Servo sebagai *actuator* sehingga memiliki tujuh pola genggam yang memungkinkan untuk melakukan kegiatan sehari-hari.

Penelitian [8] Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan prosthesis tangan menggunakan *flex sensors* dan *accelerometer*. Penelitian ini mendapat hasil yang cukup baik karena *Prosthetic hand* dapat meniru pergerakan tangan manusia yang dibaca menggunakan *flex sensors* dan *accelerometer*. Namun masih terdapat kekurangan seperti *flex sensors* membaca kelengkungan yang dari keseluruhan bidang sensor, bukan membaca kelengkungan pada sendi tertentu.

Penelitian [9] Penelitian ini berhasil menciptakan tangan prosthesis yang mampu menggenggam benda seberat 134 gram. Sistem pergerakan tangan dapat berfungsi dengan baik namun tetap harus dikembangkan dalam hal keterbatasan kemampuan menggenggam benda berat dan permukaan benda yang keras.

Penelitian[10] Penelitian ini menciptakan Prostesis yang bertujuan untuk mengembalikan rasa percaya diri pada anak-anak dan remaja penyandang tunadaksa amputasi transradial agar di masa mendatang tidak ada lagi kecemasan sosial pada penyandang.

**Tabel 2. 1 Hasil Penelitian dan Perbedaan Penelitian Terdahulu**

Penulis Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
Jorge Zuniga, Dimitrios Katsavelis, dan Rakesh Srivastava	<i>An Open Source 3D-Printed Transitional Hand Prosthesis for Children</i>	Metode yang digunakan pada penelitian ini memiliki kelebihan pada segi praktis dan efektivitas biaya yang merupakan pilihan baru yang menjanjikan bagi para dokter dan pasien	Penambahan pada Uji ketahanan suhu pada Bahan dasar pencetakan 3D yaitu PLA
Shruthi	<i>A Low Cost Prosthetic Hand using Flex Sensors and Servo Motors</i>	Penelitian ini berhasil menciptakan <i>Hand Prosthetic</i> yang bekerja seperti simulasi tangan manusia dengan presisi biaya rendah. Menggunakan Motor Servo sebagai <i>actuator</i> .	Pada penelitian ini Pengujian menggunakan busur derajat dan dibandingkan dengan Tangan Manusia.
I Gusti Lanang Ngurah Agung Pramadi Danudini ngrat, Handry Khoswanto, dan Petrus Santoso	KENDALI GERAK PROSTHETI C HAND MENGGUNAKAN FLEX SENSORS DAN ACCELEROMETER	Penelitian ini mendapat hasil yang cukup baik karena <i>Prosthetic hand</i> dapat meniru pergerakan tangan manusia yang dibaca menggunakan <i>flex sensors</i> dan <i>accelerometer</i>	Pada penelitian ini tidak menggunakan Flex Sensor. Namun langsung pada uploading program di Arduino IDE
Mehnaz Kazi dan Michelle Bill	<i>Robotic Hand Controlled by Glove Using Wireless Communication</i>	Penelitian ini berhasil menciptakan tangan prosthesis yang mampu menggenggam benda seberat 134 gram. Dengan control dari	Pada penelitian ini kontrol berada pada motor servo dan perintah pada

		sensor flex dan nRF24L01	program Arduino IDE
Muhammad Farhan Amirullah, Djoko Kuswanto, dan Ari Dwi Krisbianto	Desain Lengan Bionik Berbasis <i>Open Source</i> ( <i>HACKberry Arm</i> ) untuk Anak-Anak Tunadaksa Amputasi Trans-radial agar Lebih Percaya Diri	Parameter kunci pada penelitian ini adalah “low cost” yang menjadikan kemudahan manufaktur dan sistem desain yang efisien untuk memudahkan modifikasi berdasarkan kebutuhan pasien.	Penelitian ini masih dalam kategori robotic dan belum bisa langsung diimplementasikan pada pasien.

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Tuna Daksa

Tunadaksa berasal dari kata “Tuna” yang berarti rugi atau kurang. Dan “Daksa” yang berarti tubuh. Menurut derajat kecacatan Tunadaksa dapat digolongkan atas: golongan ringan, golongan sedang dan golongan berat. Golongan ringan adalah mereka yang dapat berjalan tanpa menggunakan alat, berbicara tegas, dapat menolong dirinya sendiri dalam kehidupan sehari-hari[11].

Penyandang Tunadaksa amputasi transradial adalah Jenis kondisi disabilitas yang cukup banyak di temui. Anak-anak penyandang tunadaksa sendiri memiliki tingkat kecemasan sosial yang memperlihatkan adanya indikasi rendahnya harga diri atau *self esteem* pada diri mereka. Pada dasarnya anak-anak adalah generasi penerus yang menentukan kemajuan masa depan bangsa. Lengan bionic atau prosthesis elektrik di luar negeri menjadi pilihan yang paling diminati oleh tunadaksa. Masih ada harapan untuk para penyandang tunadaksa agar bisa menjalani aktifitas Kembali seperti pada umumnya dengan bantuan teknologi yang sudah maju saat ini karena alat bantu lengan bionic dapat mengembalikan fungsi tangan. Dengan teknologi yang canggih dan tidak membutuhkan biaya yang tinggi[10].

### 2.2.2 Protesis

Protesis adalah perangkat artifisial untuk menggantikan bagian tubuh yang hilang, baik karena trauma, penyakit, maupun cacat kongenital[12]. Protesis bertujuan untuk meringankan keterbatasan aktivitas yang disebabkan oleh kehilangan anggota tubuh. Pandangan para pengguna prosthesis menganggap bahwa prosthesis adalah alat untuk memulihkan yang telah hilang, dalam konteks ini yaitu tangan[13]. Peran prostetik adalah memberikan layanan pembuatan alat ganti transfemoral prosthesis yang bertujuan untuk membantu mengembalikan fungsi anggota gerak tubuh yang hilang sehingga dapat meningkatkan kualitas kemandirian. prosthesis dapat membantu mengatasi keterbatasan-keterbatasan aktivitas yang terjadi pada seseorang yang kehilangan kaki akibat amputasi. Pasien yang menggunakan prosthesis diharapkan anggota gerak pasien dapat dilengkapi sehingga ia dapat menjalankan aktivitas sehari-hari[14].

### 2.2.3 Tangan Protesis

Tangan protesis bawah siku yang dirancang dibuat dengan sensor utama yaitu *flex* sensor. *Flex* sensor atau dikenal juga dengan bending sensor merupakan sensor yang mendeteksi tingkat kelengkungan yang diperoleh dengan cara menempelkan sensor pada objek yang dilengkungkan[3]. Di Indonesia beberapa penelitian telah dilakukan terkait usaha membuat prostesis dan ortosis murah dengan berbasis printer 3D, yaitu tuna daksa kaki, ortosis untuk cerebral palsy, protesis tangan transradial dan shoulder disarticulation, dan exoskeleton pasca stroke. Untuk sekarang, protesis elektrik adalah jenis protesis yang paling banyak diminati oleh kalangan tunadaksa di luar negeri dengan rejection rate dibawah rata-rata dan minat konsumen yang cukup tinggi untuk pengembangannya di masa depan[15].



**Gambar 2. 1 Tangan Prostesis[10].**

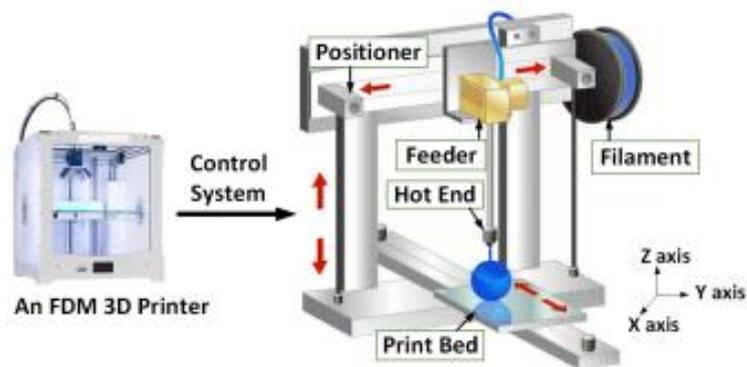
Di negara Indonesia sendiri pengembangan mengenai prostesis elektrik masih sedikit dan umumnya diimpor dari luar negeri. Gerakan yang dihasilkan dari bionic arm lebih intuitif dan proporsional. Kemajuan signifikan dari prostesis telah terjadi pada bionic arm dan dianggap sebagai keunggulan dari teknik medis. Dengan jenis perangkat elektronik, sistem serta jenis manufaktur yang tergolong lebih murah perusahaan exiii menghasilkan sebuah bionic arm yang lebih terjangkau untuk penggunaannya. Desain dari bionic arm HACKberry berangkat dengan konsep yang berbeda dari organ tubuh asli agar penyandang bangga dengan dirinya sendiri dan dapat melihat kelebihan dari prostesis yang dimiliki[16].

#### **2.2.4 3D Printing**

Pencetakan 3D atau manufaktur aditif (*AM/additif manufacture*) adalah proses untuk membuat objek 3D dalam bentuk apa pun dari model 3D atau sumber data elektronik lainnya. *3D Printing* memiliki potensi yang besar dalam dunia manufaktur saat ini, salah satu penggunaannya adalah dalam membuat produk-produk *flexible*. Proses pencetakan filamen *flexible* dengan menggunakan teknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM) masih memerlukan studi mendalam. Beberapa jenis filamen fleksibel yang umum digunakan, seperti *Thermoplastic Elastomer* (TPE) dan *thermoplastic polyurethane* (TPU). Salah satu permasalahan pada teknologi *3D Printing Flexible Filament* yaitu banyaknya mesin *3D Printing* yang mengalami kesulitan pada saat mencetak produk atau komponen karena jam

*extruder* (macet pada ekstruder). Selain itu, penelitian dengan menggunakan filamen *flexible* dalam hal akurasi dimensi masih memiliki peluang untuk dikaji lebih dalam[17].

Hadirnya teknologi 3D printing dalam dunia manufaktur membawa perubahan besar pada dunia. Teknologi yang juga dikenal dengan sebutan Additive Layer Manufacturing ini sebenarnya sudah ada sejak tahun 1980-an. 3D printing merupakan sebuah terobosan baru dalam dunia teknologi. Terobosan ini sangatlah populer di seluruh belahan dunia, terutama di kalangan akademisi dan industri. Munculnya teknologi 3D Printing sangat berpengaruh pada beberapa bidang industri, terutama dari segi ekonomi. Rapid prototyping pada komponen mekanik dengan teknik-teknik dan volume produksi yang rendah dalam memproduksi prototype dengan cepat[18].



**Gambar 2. 2 Mesin 3D Printing[19].**

Salah satu teknologi 3D Printing yang terkenal dan murah adalah FFF (Fused Filament Fabrication) teknologi tersebut juga dikenal Fused Deposition Modelling (FDM), prinsip kerja FDM adalah dengan cara ekstrusi thermoplastic melalui nozzle yang panas pada melting temperature selanjutnya produk dibuat lapis per lapis. Dua material yang paling umum digunakan adalah ABS dan PLA sehingga sangat penting mengetahui akurasi dimensi produk. Teknologi 3D Printing FDM mampu membuat produk duplikat dengan akurat material ABS[20].

### 2.2.5 Filament PLA

PLA (*Polylactic Acid*) adalah bahan termoplastik yang keras, kuat, dan memiliki sifat biodegradable. Bahan ini berasal dari pati tanaman seperti tepung maizena dan tepung tapioka, sehingga lebih ramah lingkungan daripada plastik plastik lain yang menggunakan bahan baku dari minyak mentah. PLA sering digunakan dalam teknologi pencetakan 3D, terutama dalam printer *3D Fused Deposition Modeling* (FDM). Keunggulan PLA dalam pencetakan 3D adalah kemampuannya untuk menghasilkan produk dengan detail yang baik dan permukaan yang halus. Namun, PLA juga memiliki kelemahan yaitu cenderung rapuh. Oleh karena itu, dalam aplikasi yang membutuhkan kekuatan mekanik yang tinggi, seperti suku cadang yang harus tahan terhadap tekanan atau benturan, bahan lain seperti ABS atau PVA mungkin lebih cocok.

PLA telah diuji untuk sifat materialnya, termasuk uji tarik dan kompresi uniaksi, untuk menentukan kekuatan dan daya tahannya. Hal ini penting untuk memastikan bahwa produk yang terbuat dari PLA memenuhi persyaratan kekuatan yang diperlukan dalam aplikasi tertentu. Secara keseluruhan, PLA adalah pilihan yang baik dalam dunia pencetakan 3D karena sifatnya yang ramah lingkungan dan kemampuannya untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik. Namun, perlu mempertimbangkan kelemahan dan kekuatan mekanik yang dibutuhkan dalam aplikasi yang spesifik[21].



**Gambar 2. 3 Filament PLA[22].**

Bahan PLA sendiri keras, kuat dan biodegradable tetapi juga rapuh karena didasarkan pada pati tanaman daripada minyak mentah. PLA adalah termoplastik biodegradable yang didapat dari sumber terbarukan. Misalnya seperti tepung maizena, tepung tapioka. Jenis ini menjadikan PLA solusi paling ramah lingkungan

dalam domain pencetakan 3D, berbeda dengan berbagai plastik berbasis petrokimia seperti ABS atau PVA[23].

### 2.2.6 Mikrokontroler

Arduino UNO R3 merupakan versi dari Arduino UNO yang diperkenalkan pada tahun 2011. Penamaan R3 menunjukkan ini adalah revisi ketiga dari model tersebut. Mikrokontroler yang terdapat di dalamnya adalah Atmega328 yang diproduksi oleh perusahaan Atmel, berfungsi sebagai mikrokontroler berarsitektur 8-bit[24]. Arduino Uno R3 adalah sebuah mikrokontroler yang mengolah masukan yang diterima melalui bahasa pemrograman *open source* untuk menghasilkan keluaran yang diinginkan. Dengan menghubungkan Arduino ke komputer melalui kabel USB dan menggunakan perangkat lunak Arduino, pengguna dapat memprogram chip ATmega328. Arduino Uno adalah salah satu produk dari merek Arduino yang pada dasarnya merupakan papan elektronik yang menyertakan mikrokontroler ATmega328.



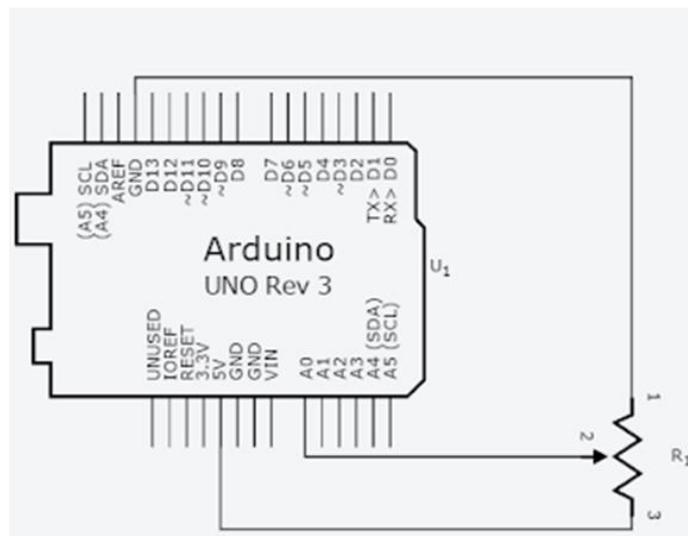
**Gambar 2.4 Mikrokontroler[25].**

Arduino UNO memiliki dimensi seukuran kartu kredit. Meskipun kompak, papan ini dilengkapi dengan mikrokontroler dan berbagai *input/output (I/O)* yang memungkinkan pengguna untuk mengembangkan berbagai proyek elektronika, seperti sistem pintu gerbang otomatis. Arduino UNO R3 menggunakan mikrokontroler ATmega328P. Berikut adalah beberapa fitur kunci yang dimiliki oleh Arduino UNO R3:

- 1) 14 pin digital *input/output* (di mana 6 dapat digunakan sebagai *output PWM*)

- 2) 6 *input* analog
- 3) 16 MHz *ceramic resonator*
- 4) Koneksi USB
- 5) *Jack*
- 6) *Header ICSP*
- 7) Tombol *reset*

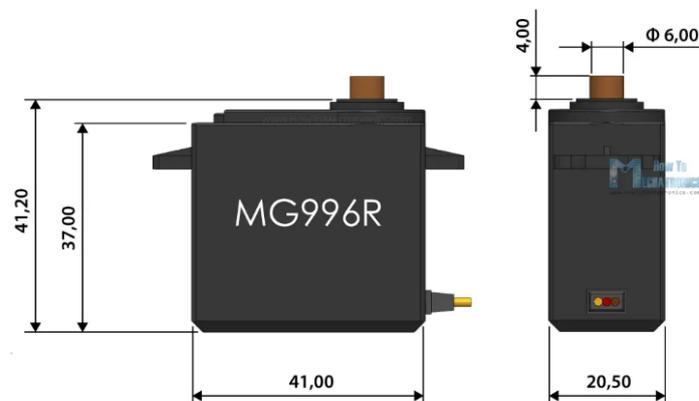
Arduino UNO R3 merupakan board yang sangat cocok untuk memulai mempelajari elektronika dan pemrograman. *Board* ini memiliki banyak fitur yang membuatnya cocok untuk berbagai proyek, termasuk proyek *hobbyistik* dan pengendalian perangkat [25]. Beberapa fitur utama yang tersedia di Arduino UNO adalah mikrokontroler ATmega328P, Arduino UNO menggunakan mikrokontroler ATmega328P yang memiliki 32 KB *flash memory*, 2 KB SRAM, dan 1 KB EEPROM. Fitur Digital I/O Pins, Arduino UNO memiliki 14 pin digital *input/output* (I/O) yang dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen elektronik seperti LED, sensor, motor, dan lain-lain. Fitur selanjutnya adalah *Analog Input Pins* yang memiliki 6 pin analog *input* yang dapat digunakan untuk mengukur voltase dalam kisaran tertentu. Fitur *PWM Digital I/O Pins* yang memiliki 6 pin digital I/O yang dapat memberikan keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*). Terdapat juga fitur *Operating Voltage*, *Clock Speed*, *LED Indikator Power*, *USB Connectivity*, *Reset Button*, *Flash Memory*, *SRAM* dan masih banyak lagi.



**Gambar 2.5 Pin pada Mikrokontroler[26].**

*Analog-to-Digital Converter* (ADC) pada Arduino Uno adalah fitur yang krusial dalam mengubah sinyal analog menjadi data digital yang dapat diproses oleh mikrokontroler. ADC pada Arduino Uno mendukung pengukuran tegangan analog dari sensor atau perangkat eksternal dalam rentang 0 hingga 5 volt. Dengan resolusi 10-bit, ADC ini dapat membagi rentang tegangan tersebut menjadi 1024 nilai yang berbeda, memberikan akurasi yang cukup untuk banyak aplikasi sensorik. Penggunaan ADC memungkinkan Arduino Uno untuk membaca sensor-sensor seperti suhu, cahaya, atau tekanan, serta mengambil keputusan berdasarkan nilai-nilai analog yang dikonversi menjadi digital. Fitur ADC yang terintegrasi ini mempermudah pengembangan berbagai proyek elektronik yang memerlukan pengukuran analog dengan presisi yang memadai [26].

### 2.2.7 Motor Servo



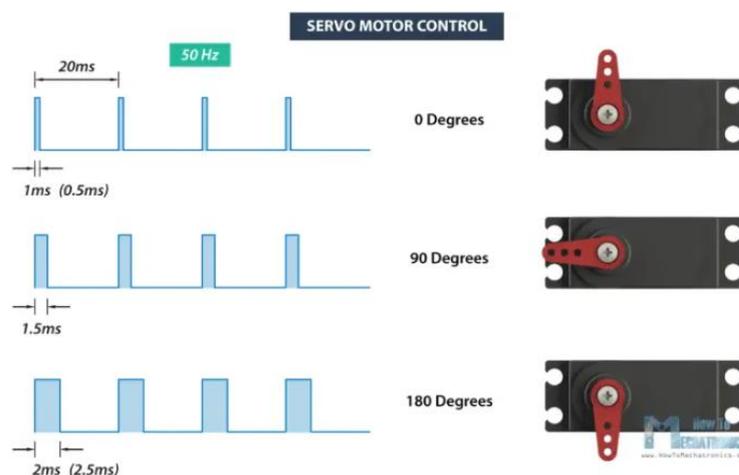
**Gambar 2. 6 Motor Servo[25].**

**Tabel 2. 2 Spesifikasi Motor Servo MG996R[25].**

Berat	55 gr
Dimensi	40,7x19,7x42,9mm
Torsi Terhenti	9,4 kgf·cm (4,8 V ), 11 kgf·cm (6 V)
Kecepatan Pengoperasian	0,17 dtk/60° (4,8 V), 0,14 dtk/60° (6 V)
Tegangan Pengoperasian	4,8V dan 7,2V
Arus Berjalan	500mA
Kisaran Suhu	0 °C- 55 °C

Motor servo adalah perangkat elektromekanis yang digunakan untuk mengontrol posisi, kecepatan, dan akselerasi sudut secara presisi. Spesifikasi utama motor servo mencakup tegangan operasi, torsi, kecepatan, dan sudut putar. Tegangan operasi biasanya berkisar antara 4.8V hingga 6.0V, meskipun beberapa model dapat beroperasi pada tegangan yang lebih tinggi. Torsi, yang diukur dalam kilogram per sentimeter (kg-cm), menunjukkan kekuatan rotasi servo dan dapat bervariasi dari beberapa kg-cm hingga puluhan kg-cm, tergantung pada ukuran dan tujuan penggunaan servo. Kecepatan rotasi, biasanya diukur dalam detik per 60 derajat, menggambarkan seberapa cepat servo dapat bergerak ke posisi yang diinginkan.

Sudut putar standar servo biasanya adalah 180 derajat, meskipun beberapa model dapat memiliki rentang yang lebih besar, hingga 270 derajat atau lebih. Selain itu, motor servo juga dilengkapi dengan mekanisme umpan balik untuk mengatur posisi secara akurat, yang biasanya berupa potensiometer atau sensor optik. Spesifikasi lainnya termasuk jenis motor (DC atau brushless), tipe gir (plastik atau logam), dan ukuran fisik serta berat servo. Spesifikasi ini penting untuk memastikan motor servo sesuai dengan aplikasi yang diinginkan, baik itu dalam robotika, model pesawat, atau aplikasi otomatisasi lainnya[27].



**Gambar 2.7 Sistem Kontrol Motor Servo[28]**

Gambar 2.6 menjelaskan Servo motor dioperasikan menggunakan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) untuk mengatur posisi porosnya. PWM adalah metode modulasi yang mengontrol daya yang dikirimkan ke perangkat dengan

memodifikasi lebar *pulse* sinyal. Frekuensi sinyal PWM yang umum digunakan untuk servo motor adalah 50 Hz, yang berarti sinyal memiliki periode  $T$  sebesar 20 ms, dihitung dengan rumus  $T = \frac{1}{f}$ . Sebagai contoh, untuk frekuensi 50 Hz, periode  $T$  adalah  $\frac{1}{50} = 0.02$  detik atau 20 ms.

Lebar *pulse* ( $\tau$ ) adalah durasi dalam milidetik (ms) selama sinyal PWM berada dalam kondisi tinggi (HIGH). Posisi servo dikendalikan oleh lebar *pulse* ini, yang biasanya berkisar antara 1 ms hingga 2 ms. Servo standar memiliki rentang sudut putar 180 derajat, di mana lebar *pulse* 1 ms mengatur servo pada 0 derajat, lebar *pulse* 1.5 ms mengatur servo pada 90 derajat, dan lebar *pulse* 2 ms mengatur servo pada 180 derajat. Hubungan linear antara lebar *pulse* ( $\tau$ ) dan sudut ( $\theta$ ) servo dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\theta = k(\tau - \tau_{\min}) \quad (2.1)$$

di mana  $\theta$  adalah sudut servo dalam derajat,  $\tau$  adalah lebar *pulse* dalam milidetik,  $\tau_{\min}$  adalah lebar *pulse* minimum (1 ms), dan  $k$  adalah konstanta skala.

Untuk rentang lebar *pulse* dari 1 ms hingga 2 ms yang menghasilkan sudut 0 hingga 180 derajat, konstanta skala  $k$  dihitung sebagai berikut:

$$k = \frac{180 \text{ derajat}}{2 \text{ ms} - 1 \text{ ms}} = 180 \text{ derajat/ms} \quad (2.2)$$

Dengan demikian, persamaan sudut menjadi:

$$\theta = 180(\tau - 1)$$

Sebagai contoh, untuk lebar *pulse* 1.5 ms, sudut servo dihitung sebagai berikut:

$$\theta = 180(1.5 - 1) = 180 \times 0.5 = 90 \text{ derajat}$$

Persamaan di atas menunjukkan interpolasi linear antara lebar *pulse* dan sudut, yang hanya berlaku untuk servo standar dengan rentang 1 ms hingga 2 ms dan sudut 0 derajat hingga 180 derajat. Jika servo memiliki rentang sudut dan lebar *pulse* yang berbeda, persamaan ini dapat disesuaikan dengan mengganti nilai  $\tau_{\min}$  dan konstanta skala  $k$ :

$$k = \frac{\theta_{\max} - \theta_{\min}}{\tau_{\max} - \tau_{\min}} \quad (2.3)$$

di mana  $\theta_{\max}$  dan  $\theta_{\min}$  adalah sudut maksimum dan minimum yang bisa dicapai oleh servo, dan  $\tau_{\max}$  dan  $\tau_{\min}$  adalah lebar *pulse* maksimum dan minimum.

Dengan pemahaman ini, Anda dapat mengontrol posisi servo motor dengan tepat menggunakan sinyal PWM dan persamaan matematis yang menghubungkan lebar *pulse* dengan sudut servo[28].