BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Di Indonesia individu penyandang disabilitas didominasi oleh kelompok usia produktif yaitu diantara usia 18 tahun sampai 59 tahun. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penyandang disabilitas secara keseluruhan mencapai sekitar 22,5 juta jiwa atau sekitar 5% dari total populasi penduduk di Indonesia. Dari jumlah tersebut, penyandang disabilitas fisik atau tunadaksa mencapai 1,8 juta jiwa [1]. Tunadaksa merupakan kondisi suatu individu yang ditandai dengan kelainan atau gangguan pada fisik penyandang, khususnya pada fungsi anggota tubuh seperti tangan, kaki, sendi, saraf atau bagian tubuh lainnya. Hal tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti kecelakaan, infeksi penyakit tertentu, atau bawaan kelainan sejak lahir [2].

Selain mengalami keterbatasan fisik dalam menjalani kehidupan sehari-hari, penyandang tunadaksa juga sering dihadapkan dengan masalah psikologis seperti rasa tidak percaya diri, perasaan minder, hingga kecemasan sosial yang sering muncul akibat keterbatasan yang penyandang alami. Kondisi tersebut semakin diperburuk karena adanya stigma negatif dari sebagian masyarakat yang masih memandang disabilitas sebagai suatu kekurangan. Sehingga membuat penyandang tunadaksa merasa terisolasi dan merasa tidak percaya diri dalam berinteraksi sosial, karena khawatir akan mendapatkan perlakuan diskriminatif dari orang lain. Tidak jarang pula penyandang mengalami diskriminasi dalam berbagai aspek kehidupan, mulai dari lingkungan kerja, pendidikan, hingga akses terhadap fasilitas umum yang belum sepenuhnya ramah disabilitas. Oleh karena itu, diperlukan upaya yang lebih serius dalam menciptakan ekosistem yang mendukung, baik dari sisi teknologi bantu, aksesibilitas fasilitas, maupun dukungan sosial dan psikologis [3].

Penyandang tunadaksa terutama yang mengalami kehilangan fungsi bagian tangan atau kaki sangat membutuhkan alat bantu gerak untuk menunjang aktivitas kehidupan sehari-hari. Alat bantu tersebut sangatlah penting dan berguna bagi penyandang tunadaksa untuk mendukung mobilitas serta fungsi motorik penyandang. Di Indonesia ketersediaan beberapa jenis alat bantu masih sulit untuk didapatkan, meskipun alat bantu gerak untuk kaki seperti kursi roda, tongkat untuk

membantu berjalan atau alat penyangga cukup umum tersedia dan mudah ditemukan. Ketersediaan alat bantu untuk bagian tangan seperti *prosthetic hand* masih tergolong terbatas ketersediaannya di pasaran Indonesia. Padahal, *prosthetic hand* memiliki peran yang sangat penting dalam membantu penyandang untuk menjalankan berbagai aktivitas fungsional dan mengurangi ketergantungan terhadap bantuan orang lain [4].

Salah satu solusi dalam pemenuhan kebutuhan tersebut adalah dengan penggunaan *prosthetic hand* atau tangan buatan. *Prosthetic hand* merupakan perangkat mekanik atau elektronik yang dirancang untuk menggantikan fungsi tangan yang hilang atau tidak berfungsi secara normal. Penggunaan *prosthetic hand* tidak hanya membantu meningkatkan kemampuan fungsional penyandang disabilitas, tetapi juga mendukung pemulihan kepercayaan diri serta integrasi sosial yang lebih baik [5]. Penyandang tunadaksa, terutama yang kehilangan kemampuan tangan sering kali menghadapi sejumlah kesulitan dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Alat bantu *prosthetic hand* muncul sebagai solusi untuk meningkatkan kemandirian penyandang, tetapi seringkali ketersediaan alat ini terhambat oleh biaya yang tinggi serta keterbatasan teknologi yang terjangkau, terutama di kalangan ekonomi menengah ke bawah.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem *prosthetic hand* yang memanfaatkan mikrokontroler ESP32, yang dirancang agar tetap terjangkau secara biaya namun tetap mengedepankan aspek fungsionalitas dan kualitas. Dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler dengan sensor gerak untuk mendeteksi input dari pengguna secara akurat, alat ini diharapkan dapat bekerja secara efektif dalam memenuhi kebutuhan penggunanya. Dalam proses pembacaan dan pengiriman informasi antara berbagai komponen, penelitian ini menggunakan *hall effect* linear sensor yang umum digunakan pada *throttle* gas sepeda listrik, karena kemampuannya dalam mendeteksi perubahan posisi secara linier dan responsif. Melalui inovasi ini, diharapkan sistem *prosthetic hand* yang dikembangkan dapat menjadi solusi alat bantu tangan yang mudah dijangkau dan praktis, serta mampu meningkatkan kualitas hidup individu penyandang tunadaksa dengan memberikan kemudahan dalam menjalankan aktivitas sehari-hari secara lebih mandiri.

Pada penelitian berjudul “Desain Kendali Tangan Robotik dengan Sensor Efek Hall Linier SS49E” menunjukkan bahwa pengembangan tangan robotik dapat menjadi solusi inovatif dalam bidang robotika. Dalam penelitian tersebut, digunakan sensor *hall effect* linier SS49E untuk mendeteksi gerakan jari manusia dan mengubahnya menjadi gerakan pada tangan robotik dengan akurasi dan responsivitas yang baik, di mana sensor ini memiliki resolusi maksimum sebesar 1000 mV per 10 mm, dengan rentang pembacaan dari 700 mV (jari kelingking) hingga 1900 mV (jari telunjuk). Hasil penelitian tersebut menjadi referensi penting dalam pengembangan sistem *prosthetic hand* yang lebih efisien dan fungsional. Melanjutkan potensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem *prosthetic hand* menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor *hall effect* linear yang umum digunakan pada *throttle* gas sepeda listrik, karena kemampuannya mendeteksi perubahan posisi secara linier dan responsif. Data analog dari sensor akan dikonversi oleh ADC internal mikrokontroler menjadi sinyal digital yang mengatur pergerakan motor servo secara *real-time*. Melalui pendekatan ini, prototipe *prosthetic hand* yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi alat bantu tangan yang fungsional, terjangkau, serta mudah digunakan untuk meningkatkan kemandirian dan kualitas hidup penyandang tunadaksa [13].

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Sistem *prosthetic hand* seperti apa yang dapat dirancang agar mampu meniru gerakan tangan manusia?
2. Bagaimana rancangan *prosthetic hand* yang dapat dikembangkan agar terjangkau secara biaya?
3. Bagaimana teknologi mikrokontroler dan sensor dapat diintegrasikan secara efektif untuk menghasilkan respons sistem yang cepat dan ?
4. Bagaimana performa komunikasi nirkabel antara mikrokontroler ESP32 dan Arduino dalam sistem *prosthetic hand* jika ditinjau dari parameter kualitas layanan jaringan (*Quality of Service*), yaitu *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*?

1.3. Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem prototipe *prosthetic hand* berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu meniru gerakan dasar tangan manusia, seperti melakukan gerakan menggenggam dan membuka objek secara *real-time*. Sistem prototipe ini diharapkan dapat merespons perintah dalam melakukan gerakan, menggenggam dengan berbagai bentuk dan ukuran objek dengan baik, serta menghasilkan gerakan jari yang cukup presisi agar dapat digunakan dalam aktivitas sehari-hari. Sistem prototipe ini juga dirancang dengan tujuan agar mampu menjaga kestabilan dalam melakukan aktivitas menggenggam terhadap objek dengan beban, ukuran dan berat yang bervariasi.

Selain merancang sistem *prosthetic hand* yang mampu bergerak secara fungsional, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem prototipe dalam merespons input atau perintah dari pengguna secara cepat dan tepat. Penelitian ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa proses pengiriman data dari sensor ke perangkat *output*, yaitu motor servo dapat diproses secara tepat dan efisien agar gerakan *prosthetic hand* berjalan sesuai perintah yang diberikan.

Melalui pengembangan ini, penelitian dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan alat bantu gerak yang terjangkau dan fungsional bagi penyandang disabilitas tunadaksa, khususnya yang mengalami keterbatasan fungsi tangan. Dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler dan *hall effect* linear sensor yang relatif mudah dijangkau, sistem prototipe ini dirancang agar dapat diimplementasikan dengan biaya yang efisien namun tetap memberikan hasil yang optimal. Selain sebagai alat bantu, sistem ini juga diharapkan mampu meningkatkan kemandirian pengguna dalam menjalankan aktivitas sehari-hari. Penelitian ini juga dapat bermanfaat sebagai referensi untuk pengembangan teknologi *prosthetic hand* berbasis mikrokontroler yang lebih lanjut, baik dari aspek desain perangkat keras, pemrograman sistem kendali, maupun komunikasi data.

Tabel 1.1 Tabel Keterkaitan Tujuan, Pengujian dan Kesimpulan

No	Tujuan	Pengujian	Kesimpulan
1	Merancang sistem prototipe <i>prosthetic hand</i> berbasis mikrokontroler ESP32 yang meniru gerakan dasar tangan manusia, seperti menggenggam dan membuka objek secara <i>real-time</i> .	Pengujian variasi sudut servo (0°, 45°, 90°, 135°, 180°) untuk mengukur presisi dan respons sistem terhadap perintah sudut.	Sistem berhasil meniru gerakan dasar tangan manusia dengan presisi yang baik. Pengujian sudut servo menunjukkan akurasi tinggi dengan konsistensi yang baik dalam merespons perintah.
2	Menilai kemampuan sistem prototipe dalam merespons perintah pengguna dengan cepat dan tepat.	Pengujian variasi sudut servo dengan data Telegram, mengukur waktu pengiriman data dan kekuatan <i>throttle</i> .	Sistem prototipe dapat merespons perintah pengguna dengan cepat, menunjukkan kestabilan waktu pengiriman data dan kekuatan <i>throttle</i> yang konstan.
3	Menguji kestabilan sistem dalam menggenggam objek dengan berbagai bentuk dan ukuran secara efektif.	Pengujian kemampuan menggenggam objek dengan berbagai diameter (3,5 cm, 5,5 cm, 7,5 cm, 9 cm, 12 cm).	<i>Prosthetic hand</i> mampu menggenggam objek dengan diameter lebih besar, tetapi performa menurun saat menggenggam objek berukuran lebih besar karena terbatasnya kekuatan motor servo.
4	Mengembangkan <i>prosthetic hand</i> yang terjangkau dan fungsional untuk penyandang disabilitas.	Pengujian pada objek dengan berbagai ukuran dan bobot untuk mengukur efektivitas dan kestabilan genggaman.	Sistem prototipe dapat digunakan sebagai alat bantu dengan biaya terjangkau, namun perlu peningkatan mekanis pada daya genggaman untuk objek berat.
5	Memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi <i>prosthetic hand</i> berbasis mikrokontroler yang lebih lanjut.	Pengujian performa sistem dalam menggenggam objek dengan volume yang bervariasi dan waktu genggam yang berbeda.	Sistem prototipe sudah memberikan dasar yang baik untuk pengembangan lebih lanjut, meskipun ada batasan dalam kemampuan menggenggam objek dengan beban lebih berat.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya menghasilkan prototipe *prosthetic hand* yang ditujukan untuk demonstrasi fungsi dasar, bukan sebagai produk akhir yang siap digunakan secara medis atau komersial.
2. Sistem dirancang untuk aktivitas ringan, seperti membuka, menutup, dan

menggenggam objek berukuran kecil hingga sedang.

3. Komponen yang digunakan bersifat sederhana, meliputi penggunaan bahan non medis seperti karton dan stik es krim, serta satu jenis sensor yaitu *hall effect* linear sensor yang diambil dari *throttle* gas sepeda listrik.
4. Analisis performa komunikasi nirkabel dibatasi pada pengujian dalam jaringan WiFi lokal menggunakan koneksi langsung antara mikrokontroler ESP32 dan Arduino. Evaluasi hanya difokuskan pada empat parameter *Quality of Service* (QoS), yaitu *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Pengukuran dilakukan menggunakan perangkat lunak *Wireshark*.

1.5. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengumpulan Data: Studi literatur dan analisis kebutuhan penyandang tunadaksa.
2. Perancangan Sistem:
 - Pengembangan sistem berbasis mikrokontroler ESP32 dan Arduino Uno.
 - Pembuatan prototipe berbahan ringan dan ramah lingkungan.
3. Pengujian:
 - Uji responsivitas, akurasi, dan ketahanan dalam berbagai kondisi yang telah disesuaikan dengan penelitian sebelumnya dan divariasikan dari parameter pengujian yang dilakukan, seperti variasi diameter objek, jarak, ketinggian, dan sebagainya.
 - Validasi performa dengan pengujian sudut gerakan dan waktu respons.
4. Evaluasi: Analisis hasil pengujian untuk menentukan efektivitas dan efisiensi prototipe.

1.6. Jadwal Pelaksanaan

Untuk memastikan bahwa proses pengerjaan tugas akhir berjalan secara sistematis dan terarah, disusunlah jadwal pelaksanaan kegiatan yang mencakup seluruh tahapan. Mulai dari persiapan awal hingga tahap akhir berupa analisis hasil dan penyusunan laporan. Jadwal ini disusun agar setiap tahapan bisa diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, sehingga dapat mengurangi risiko keterlambatan dan menjaga kelancaran proses pengerjaan. Tabel 1.2 di bawah ini menunjukkan jadwal pelaksanaan dan *milestone* tugas akhir secara keseluruhan.

Tabel 1.2 Jadwal dan *Milestone*

No.	Deskripsi Tahapann	Durasi	Tanggal Selesai	<i>Milestone</i>
1	Persiapan	2 Bulan	30/10/2024	Menentukan judul dan pengumpulan referensi tentang <i>prosthetic hand</i> .
2	Perencanaan	1 Bulan	30/11/2024	Penyusunan desain awal dan pemilihan komponen utama <i>prosthetic hand</i> .
3	Percobaan	3 Bulan	28/2/2025	Uji coba komponen seperti <i>throttle</i> , motor servo, dan mikrokontroler yang akan digunakan.
4	Implementasi dan Pengujian	1 Bulan	30/3/2025	Perakitan <i>prosthetic hand</i> dan pengujian alat secara menyeluruh.
5	Analisis dan Hasil	2 Bulan	28/5/2025	Analisis hasil pengujian dan penyusunan laporan tugas akhir.

Pada tahap persiapan, kegiatan difokuskan pada pencarian dan pengumpulan berbagai referensi seperti jurnal atau buku yang membahas tentang *prosthetic hand*. Referensi tersebut mencakup prinsip kerja, jenis komponen yang biasa digunakan, hingga teknologi terbaru yang relevan. Selanjutnya, tahap perencanaan dilakukan dengan menyusun desain sistem *prosthetic hand* yang akan dibuat. Dalam tahap ini menentukan jenis komponen utama seperti mikrokontroler, *throttle* gas, motor servo, dan lain sebagainya. Skema hubungan antar komponen dan alur kerjanya juga disusun secara rinci sebagai dasar untuk tahap berikutnya. Setelah desain dan pemilihan komponen ditentukan, tahap percobaan dilakukan dengan menguji masing-masing komponen secara terpisah. Misalnya, dilakukan pengujian terhadap *throttle* atau motor servo untuk mengetahui sensitivitas, respon, serta akurasi kerjanya. Tahap ini bertujuan memastikan semua komponen berfungsi dengan baik sebelum dirakit menjadi satu sistem. Tahap implementasi dan pengujian merupakan

tahap di mana semua komponen yang telah diuji dirakit menjadi satu kesatuan alat.

Setelah perakitan, dilakukan pengujian menyeluruh untuk memastikan sistem bekerja sesuai yang diharapkan. Terakhir, tahap analisis dan penyusunan laporan dilakukan dengan cara mengevaluasi hasil pengujian alat. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan target yang dirancang di awal. Seluruh proses dan kesimpulan kemudian disusun ke dalam laporan akhir. Dengan pelaksanaan yang terbagi ke dalam tahapan-tahapan tersebut, seluruh proses dapat dijalankan secara terstruktur sehingga alat *prosthetic hand* yang dikembangkan dapat mencapai hasil yang optimal sesuai dengan tujuan awal.