

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Stroke merupakan salah satu penyebab utama kematian dan masalah kesehatan di dunia [1]. Pasien pasca-stroke akan mengalami penurunan kemampuan dalam melakukan gerakan aktif akibat stroke pada bagian pergelangan tangan dan jari, sehingga pasien pasca-stroke memerlukan pemulihan intensif fisioterapi pasif sebagai awal dalam pengembalian kerja motorik [2]. Dalam bidang mekatronika, perancangan eksoskeleton yang efektif sangat krusial, Hal ini untuk mendukung pemulihan pasien pasca-stroke tahap awal fisioterapi pasif terhadap kebutuhan kontrol motorik yang presisi dan responsif [1], [2]. Terapi konvensional pada tahap ini membutuhkan waktu serta sumber daya besar, sementara ketergantungan pasien pada terapis menimbulkan kendala seperti keterbatasan tenaga ahli, waktu terapi, serta minimnya teknologi pendukung fisioterapi mandiri.

Pasien stroke sering mengalami gangguan motorik, sensorik, dan persepsi akibat kerusakan otak, yang menyebabkan asinkronisasi antara perintah otak dan tubuh terganggu [8]. Permasalahan fisioterapi pada pasien stroke umumnya meliputi gangguan tonus otot, seperti hipotonus, serta kontrol postural yang berdampak pada kemampuan menjalankan aktivitas harian. Gangguan ini menjadi tantangan utama dalam mencapai tonus postural normal serta meminimalkan gerakan kompensasi.

Setelah mengalami stroke, pasien menghadapi kesulitan memulai gerakan tubuh dasar, seperti rotasi pundak, ekstensi lengan, pergelangan tangan, dan jari [2]. Pemulihan fungsi tangan serta aktivitas sehari-hari (ADL) memerlukan kontrol yang halus pada sendi untuk memenuhi Rentang Gerak (*Range of Motion/RoM*) di setiap derajat kebebasan tubuh bagian atas, khususnya pada kompartemen anterior (fleksor) dan posterior (ekstensor) [3], [10]. Proses rehabilitasi konvensional umumnya memakan waktu lama, bersifat intensif, dan subjektif, sehingga menimbulkan beban klinis tinggi serta tantangan dalam penyediaan layanan rehabilitasi yang optimal.

Oleh karena itu, perancangan eksoskeleton rehabilitasi harus memperhitungkan spesifikasi teknis yang mampu memenuhi kebutuhan pergerakan motorik sendi pasien pasca-stroke. Desain eksoskeleton perlu mendukung pola gerakan terkoordinasi pada sendi, terutama di tangan, dengan mempertimbangkan RoM yang diperlukan. Eksoskeleton harus dilengkapi sistem kontrol PD untuk mengatur gerakan sendi dengan presisi, serta mekanisme *Cycloidal Drive* berbasis motor *Brushless DC* (BLDC) dan *Electronic Speed Controller* (ESC). Sistem ini diharapkan dapat memberikan pergerakan yang halus, responsif, serta memenuhi torsi flektor sekitar 30–35 Nm guna mendukung fungsi motorik dan memfasilitasi gerakan ekstensi serta fleksi pada area pundak dan lengan [4], [23].

Koordinasi gerakan yang presisi belum sepenuhnya terintegrasi dalam perangkat komersial saat ini, perangkat komersial hanya berfokus pada gerakan sendi secara terpisah. Meskipun eksoskeleton telah dikembangkan untuk memperkuat atau merehabilitasi individu dengan gangguan neurologis, belum ada eksoskeleton yang dirancang secara khusus untuk membantu pasien pasca-stroke dalam tahapan fisioterapi pasif guna memenuhi kebutuhan pergerakan ADL pada tubuh bagian atas. Oleh karena itu, desain eksoskeleton ini harus menekankan kemampuan memberikan dukungan motorik yang adaptif dan responsif, serta memudahkan pasien dalam melakukan fisioterapi pasif yang penting untuk pemulihan fungsi motorik.

1.2. Rumusan Masalah

Inti rumusan masalah terbagi seperti berikut:

1. Bagaimana perancangan eksoskeleton bahu fisioterapi untuk mendukung rehabilitasi lengan pasien pasca-stroke pada tahap awal terapi gerak pasif ?
2. Implementasi sistem apa agar dapat mendukung gerakan putar lengan di area bahu?
3. Bagaimana algoritma kontrol kinerja gerak sistem mekatronika fisioterapi lengan atas?
4. Bagaimana komunikasi antara mikrokontroler yang digunakan?

1.3. Tujuan

Berikut tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir.

1. Merancang alat bantu gerak eksoskeleton untuk rehabilitasi pasca-stroke dengan gerak 1 DoF pada batasan pivot ROM $0^{\circ} - 90^{\circ}$ pada persendian putar bahu dengan lengan atas manusia.
2. Mengimplementasikan sistem gerak motor BLDC dengan aktuator *Cyclodial Drive* pada eksoskeleton untuk melakukan aksi gerakan putar latihan pasif lengan manusia.
3. Membangun algoritma pengontrolan kestabilan kinerja gerak sistem mekatronika fisioterapi lengan atas 1 DoF dengan metode PD untuk mengurangi *Overshoot* dan *undershoot*.
4. Pembuatan sistem komunikasi I2C untuk gerak *Joint* bahu antara Esp 32 sebagai *Master* dan *Slave*.

1.4. Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat yang dihasilkan dari penelitian antara lain :

1. Membantu pasien pasca stroke menjalani fisioterapi tahap awal dengan menyediakan perangkat rehabilitasi yang mendukung pemulihan melalui rentang gerak pasif secara efektif.
2. Menghasilkan rancangan mekatronika eksoskeleton guna meningkatkan pengalaman pasien rehabilitasi fase awal yang mudah dan aman untuk mendukung fisioterapi gerakan pasif.
3. Dengan pembangunan kerja sistem yang baik dan stabil dapat menjadi alternatif rehabilitasi fisioterapi lengan.
4. Dapat menjadi pengembangam sistem mekatronika eksoskeleton dan fisioterapi untuk penelitian selanjutnya.

1.5. Batasan Masalah

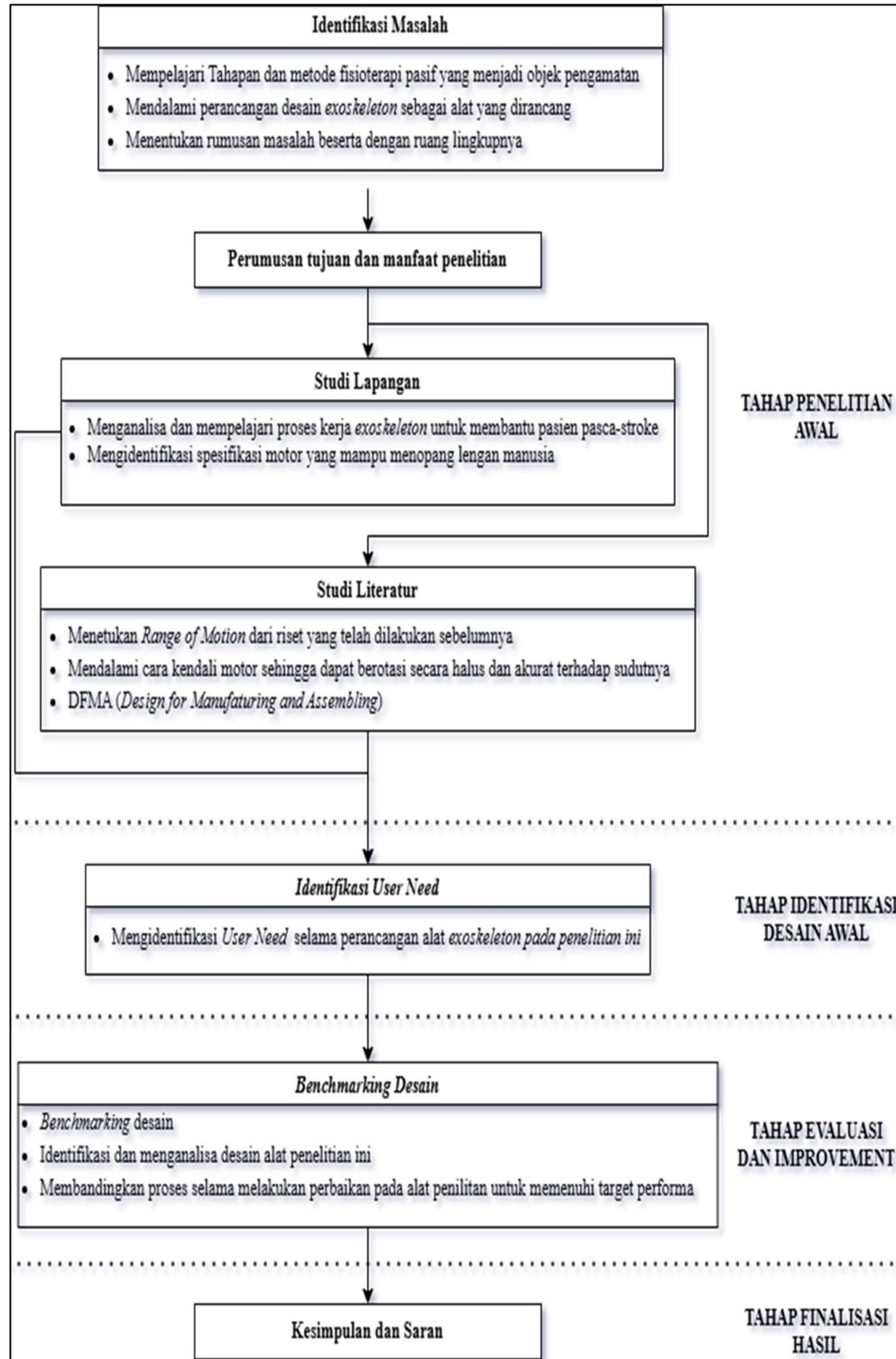
Batasan Masalah adalah seperti:

1. Alat ini dirancang pada penelitian ini adalah pasien pasca-stroke yang menjalani tahapan fisioterapi tahap awal (fisioterapi pasif).
2. Alat ini dirancang dengan RoM yang dapat memenuhi gerakan bahu dan putar lengan untuk gerakan dasar *Activity daily of living* (ADL).
3. Pengontrolan sistem alat rehabilitasi penelitian ini berfokus pada kestabilan kecepatan gerak dan putar pada motor.

1.6. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan fokus kontrol variabel kelompok dengan mengutamakan target objektif sebagai acuan dalam prosedur kontrol sistem robot fisioterapi dan sebagai objek pengolahan analisis data. Dalam penelitian ini, pendekatan eksperimental dipadukan dengan penerapan teknologi *Cycloidal Drive*, yang memiliki rasio gigi reduksi sebesar 1:28, untuk meningkatkan torsi sistem. Selain itu, sistem kendali menggunakan algoritma PD (*Proportional-Derivative*) diterapkan untuk menghaluskan dan menstabilkan perubahan kecepatan dan sudut gerakan, sehingga menghasilkan kontrol yang lebih presisi.

Metode yang digunakan pada pengolahan dan analisis adalah metode kuantitatif untuk mendapatkan referensi pemodelan dinamik gerak. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini tergambar pada diagram metode di bawah ini.



Gambar 1.1 Diagram Metode Penelitian

1.7. Manfaat

- **Pasien Pasca-Stroke**

Teknologi eksoskeleton ini memberikan solusi rehabilitasi yang efektif, aman dan nyaman, yang dapat digunakan di rumah untuk mendukung pemulihan mandiri pasien.

- **Terapis dan Praktisi Medis**

Alat ini dapat membantu terapis dalam memberikan terapi gerakan pasif yang lebih efisien dan terukur, sehingga mengurangi beban kerja manual.

- **Penelitian**

Hasil analisis sistem gerak eksoskeleton *Joint* bahu dengan mekanisme *Cyclodial Drive* dan kontrol kestabilan metode PD serta komunikasi perintah menggunakan I2C dapat menjadi bahan wawasan dan acuan untuk penelitian selanjutnya.

1.8. Jadwal pelaksanaan

Jadwal pelaksanaan pengerjaan Tugas Akhir ditetapkan beberapa *milestone* untuk menentukan pencapaian pekerjaan. Jadwal pelaksanaan akan menjadi acuan dalam mengevaluasi tahap - tahap pekerjaan seperti yang tertuang dalam *milestone* yang sudah ditetapkan.

Tabel 1.1 Jadwal dan *Milestone*.

No.	Deskripsi Tahapan	Durasi	Tanggal Selesai	<i>Milestone</i>
1	Desain Sistem	2 minggu	2 Sept 2024	Diagram Blok dan spesifikasi <i>Input-Output</i>
2	Pemilihan Komponen	2 minggu	5 Sept 2024	List komponen yang akan digunakan
3	Implementasi Perangkat Keras, dll	3 bulan	16 Des 2024	Prototype 1 selesai
4	Penyusunan laporan / buku TA	1 bulan	20 Jan 2025	Buku TA selesai