

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Stroke merupakan salah satu penyebab utama kematian dan masalah kesehatan global [1]. Pasca-stroke, pasien sering mengalami penurunan kemampuan dalam melakukan gerakan aktif pada pergelangan tangan dan jari, menjadikan fisioterapi pasif sebagai indikator awal dalam pemulihan motorik [2]. Dalam konteks mekatronika, perancangan eksoskeleton yang efektif untuk mendukung pasien pasca-stroke dalam menjalani tahap awal fisioterapi pasif sangatlah penting, mengingat perlunya kontrol motorik yang presisi dan responsif [1],[2]. Terapi konvensional di tahap ini memerlukan waktu dan sumber daya yang besar, sementara ketergantungan pasien pada terapis dapat mengakibatkan kendala terkait ketersediaan tenaga ahli dan waktu terapi, serta minimnya teknologi yang mendukung pasien dalam menjalani fisioterapi secara mandiri.

Pasien stroke sering kali mengalami kehilangan motorik, serta masalah sensorik dan persepsi akibat dampak stroke pada otak, yang mengganggu sinkronisasi antara perintah otak dan bagian tubuh yang terkena [8]. Permasalahan fisioterapi yang muncul pada pasien stroke meliputi gangguan tonus otot, terutama hipotonus, serta kontrol postural yang memengaruhi kemampuan mereka untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Reaksi-reaksi ini menjadi kendala utama dalam mencapai *tonus postural* yang normal dan meminimalkan gerakan kompensasi.

Setelah stroke, pasien dihadapkan pada tantangan dalam memulai gerakan dasar tubuh, seperti rotasi pada pundak, ekstensi pada lengan, pergelangan tangan, dan jari [2]. Memulihkan fungsi tangan dan aktivitas sehari-hari (ADL) memerlukan kontrol yang halus pada sendi untuk memenuhi Rentang Gerak (RoM) di setiap Derajat Kebebasan pada tubuh bagian atas, khususnya pada kompartemen anterior (fleksor) dan posterior (ekstensor) [3], [10]. Terapi rehabilitasi konvensional sering kali memerlukan waktu yang lama, intensif, dan bersifat subyektif, yang dapat menghasilkan beban klinis yang tinggi dan tantangan dalam penyediaan layanan rehabilitasi yang efektif.

Oleh karena itu, perancangan eksoskeleton rehabilitasi ini perlu mempertimbangkan spesifikasi teknis yang dapat memenuhi kebutuhan pergerakan motorik pada sendi pasien yang menjalani rehabilitasi pasca-stroke. Desain eksoskeleton harus memfasilitasi pola gerakan koordinasi tertentu pada sendi, terutama di tangan, dengan mempertimbangkan RoM yang dibutuhkan. Eksoskeleton harus dilengkapi dengan sistem kontrol PID untuk mengatur gerakan sendi secara presisi pada kemampuan sudut pada setiap RoM, serta mekanika *cycloidal drive* berdasarkan Brushless DC (BLDC) motor beserta *Electronic Speed Controller* (ESC) yang memungkinkan pergerakan halus dan responsif serta untuk memenuhi torsi untuk fleksi yang dibutuhkan sekitar 30-35 Nm, sehingga dapat mendukung fungsi motorik dan memfasilitasi gerakan ekstensi dan fleksi sepanjang pundak dan lengan [4], [23].

Koordinasi gerakan yang tepat ini belum sepenuhnya terintegrasi dalam perangkat komersial yang ada, yang lebih fokus pada gerakan sendi secara terpisah. Meskipun beberapa eksoskeleton telah dikembangkan untuk meningkatkan kekuatan atau merehabilitasi individu dengan gangguan neurologis, belum ada eksoskeleton yang secara khusus dirancang untuk membantu pasien pasca-stroke dalam tahapan fisioterapi pasif untuk memenuhi pergerakan ADL di bagian tubuh atas. Oleh karena itu, desain eksoskeleton ini harus memfokuskan pada kemampuan untuk memberikan dukungan motorik yang adaptif dan responsif, serta memudahkan pengguna dalam melakukan pergerakan fisioterapi pasif yang esensial untuk pemulihan fungsi motorik.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah mekatronika fisioterapis ditentukan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang eksoskeleton untuk abduksi dan fleksi bahu untuk dapat membantu rehabilitasi terapi pada pasien stroke ?
2. Sistem gerak apa yang digunakan untuk melakukan gerak rotasi sendi pada abduksi dan fleksi bahu ?
3. Bagaimana implementasi sistem instrumentasi mekatronika untuk menunjang gerakan fisioterapi ?
4. Bagaimana sistem kendali pada eksoskeleton ini dapat menyesuaikan posisi dan kecepatan gerak dengan menggunakan sensor feedback untuk memastikan kinerja sistem kendali yang presisi dan akurat pada penentuan sudut dan aksi pada aktuator ?

1.3. Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dan manfaat yang dihasilkan mekatronika fisioterapi antara lain:

1. Membangun alat bantu gerakan abduksi dan fleksi bahu pada pasien rehabilitasi pasca stroke dengan 1 *Degree of Freedom* dan *Range of Motion* 0° - 130° .
2. Mengimplementasikan sistem instrumentasi mekatronika menggunakan sensor encoder AS5600 sebagai *feedback* untuk mengetahui posisi sudut lengan penggerak dan Brushless DC Motor dengan *cycloidal drive* untuk menghasilkan kecepatan rotasi motor.
3. Membangun sistem kendali menggunakan PID untuk menyesuaikan posisi dan kecepatan gerak motor saat melakukan gerakan abduksi dan fleksi.

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

1. Membantu pasien pasca stroke dalam memenuhi fisioterapi fase awal dengan menyediakan alat bantu rehabilitasi untuk melatih gerak ekstensi dan fleksi bahu yang mendukung pemulihan kemampuan gerak pasien pasca stroke.
2. Menghasilkan rancangan mekatronika eksoskeleton guna meningkatkan pengalaman pasien rehabilitasi fase awal yang aman dan nyaman untuk mendukung fisioterapi gerakan pasif.
3. Merancang eksoskeleton yang mendukung profil ekstremitas gerak bahu pasien dengan *Degree of Motion* yang sesuai dengan gerak ekstensi dan fleksi bahu sehingga proses gerakan fisioterapi berjalan secara efisien.
4. Menjamin gerakan eksoskeleton dapat memenuhi rentang RoM yang aman dan nyaman untuk mendukung proses fisioterapi pasien tahap awal.
5. Perancangan eksoskeleton yang mampu menjamin pergerakan poros fisioterapi tahap awal dengan RoM yang tepat pada setiap DoF.
6. Mengembangkan suatu sistem kendali dengan aktuator berbasis motor dengan sensor *encoder* untuk *feedback* sehingga sistem mendapatkan data yang dapat disesuaikan dengan gerakan yang ingin dicapai.

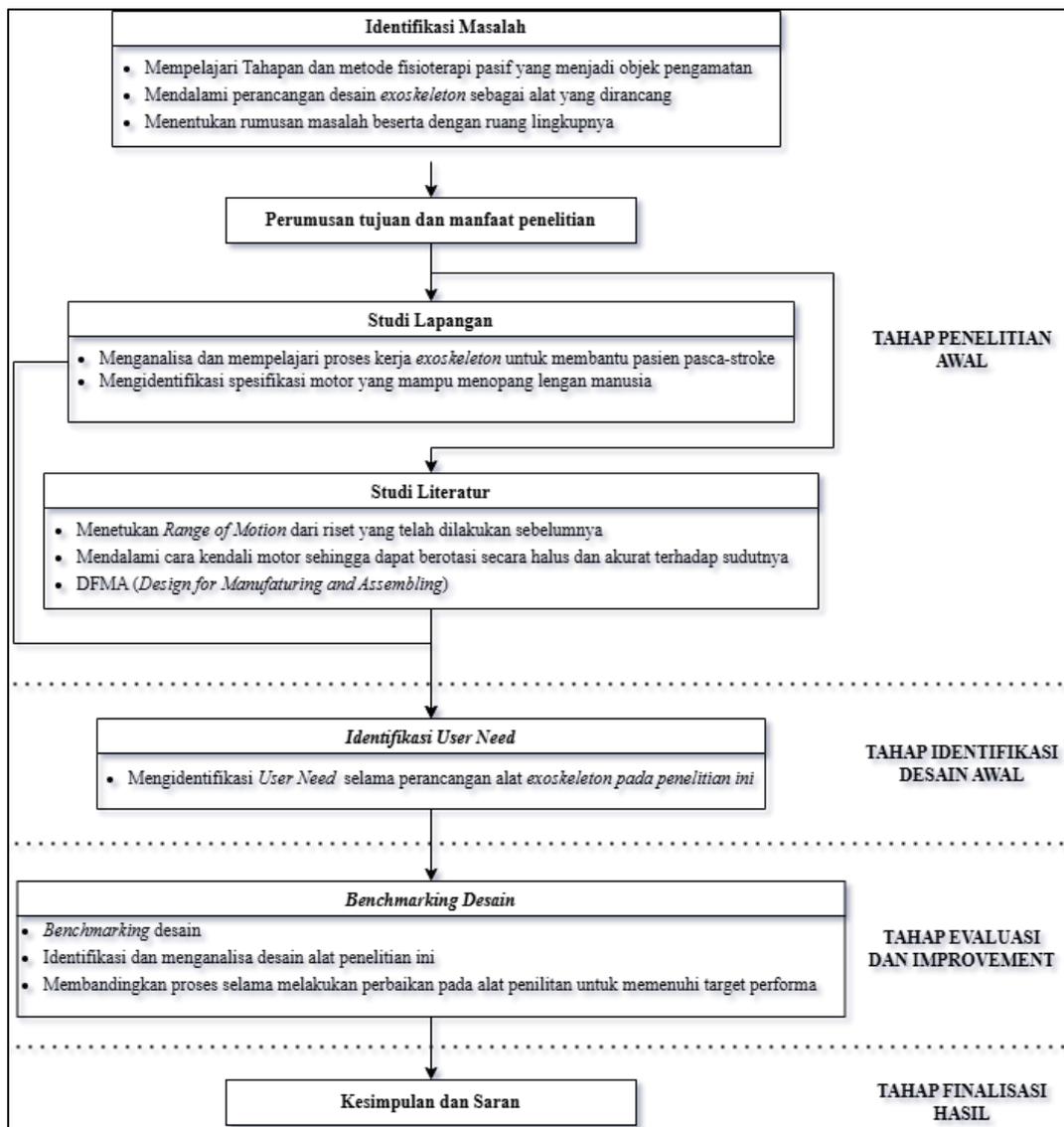
1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Alat ini dirancang untuk rehabilitasi pasien-pasca stroke yang melakukan rehabilitasi fisioterapi awal.
2. Alat ini dirancang untuk bergerak sesuai *Range of Motion* untuk gerakan ekstensi dan fleksi bahu, untuk memenuhi gerakan *activity daily living* mandi, menuangkan air ke gelas, atau mengambil objek.
3. Alat ini berfokus pada gerakan abduksi dan fleksi bahu.
4. Alat ini dapat memenuhi *Range of Motion* pada tiap pergerakan 1 *Degree of Freedom* pada gerak abduksi dan fleksi bahu.
5. Alat ini masih menggunakan ESC (*Electronic Speed Control*) dan belum menggunakan FOC (*Field-Oriented Control*) untuk mempertahankan posisi gerakan.
6. Pengujian alat ini dilakukan dengan beban maksimal pengujian seberat 1,35 Kg.

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



Gambar 1. 1 Diagram Metode Penelitian

1.7 Penggunaan

Hasil dari penelitian ini diperkirakan akan dapat digunakan untuk beberapa kelompok pengguna, antara lain :

- **Pribadi**

Perangkat eksoskeleton dapat digunakan untuk penggunaan pribadi atau keluarga pasien pasca stroke.

- **Institusi Kesehatan**

Perangkat dapat digunakan pada institusi kesehatan seperti rumah sakit atau klinik kesehatan, perangkat dapat membantu praktisi medis seperti dokter atau perawat untuk merahabilitasi pasien pasca stroke.

- **Institusi Pendidikan**

Institusi pendidikan seperti universitas atau lembaga penelitian dapat menggunakan perangkat ini sebagai sarana riset fisioterapi bagi penderita stroke, dan juga dapat mengembangkan perangkat agar lebih baik.

1.8 Jadwal Pelaksanaan

Berisi jadwal pelaksanaan pengerjaan Tugas Akhir. Perlu 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	Milestone
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	Jan 2025	Buku TA selesai