

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan eksperimen yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil perancangan mekanik dan elektronik prototipe fisioterapi lengan tangan menunjukkan kemajuan yang signifikan dalam proses perakitan dan integrasi komponen. Secara mekanik, komponen utama seperti *link 1*, *link 2*, *end-effector*, cup penopang, dan lintasan meja telah terpasang dengan baik, meskipun masih memerlukan penyetelan dan pengujian tambahan untuk memastikan keselarasan dan kinerja optimal. Dari sisi elektronik, prototipe fisioterapi lengan tangan menggunakan Arduino Uno, RTC, dan potensiometer yang telah berhasil dirangkai, dengan komponen dihubungkan melalui *breadboard* dan kabel jumper untuk memudahkan modifikasi. RTC mencatat waktu secara *real-time*, sementara potensiometer mengukur sudut sendi, dengan data yang disimpan ke *SD card* untuk analisis lebih lanjut.
2. Hasil perhitungan kinematika menggunakan metode *inverse kinematics* pada prototipe fisioterapi lengan tangan dengan 2 derajat kebebasan (DOF) menunjukkan bahwa prototipe ini mampu mencapai posisi target untuk gerakan kiri, kanan, maju, dan mundur. Dengan menggunakan panjang link 30 cm dan 25 cm untuk link 1 dan link 2 secara berurutan, serta koordinat target yang telah ditetapkan, sudut-sudut sendi θ_1 dan θ_2 dihitung menggunakan rumus-rumus *inverse kinematics*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perubahan sudut sendi untuk setiap arah pergerakan tetap berada dalam batas aman rentang gerak normal (ROM) untuk sendi siku dan bahu manusia. Data menunjukkan gerakan maju menunjukkan peningkatan sudut θ_1 hingga $56,60^\circ$ dan penurunan sudut θ_2 sebesar $56,00^\circ$, sementara gerakan mundur menunjukkan penurunan sudut θ_1 sebesar $25,83^\circ$ dan

peningkatan sudut θ_2 sebesar $34,00^\circ$. Hasil ini memvalidasi kemampuan prototipe untuk mendukung rehabilitasi lengan tangan dengan akurasi yang memadai, sesuai dengan tujuan pengembangan prototipe fisioterapi lengan tangan ini.

3. Analisis terhadap perubahan sudut potensiometer (θ_1 dan θ_2) menunjukkan karakteristik yang berbeda dalam interval waktu 30 detik. Pada gerakan arah kiri, θ_1 menunjukkan perubahan stabil dari 24° hingga 57° , sementara θ_2 mengalami variasi dinamis dari 101° hingga 140° . Dalam gerakan arah kanan, θ_1 stabil dari 22° hingga 51° , sedangkan θ_2 bervariasi dari 100° hingga 140° . Pada gerakan arah maju, θ_1 stabil dari 26° hingga 80° , sementara θ_2 responsif dengan variasi dari 65° hingga 139° . Dalam gerakan arah mundur, θ_1 menunjukkan stabilitas dari 21° hingga 78° , sementara θ_2 bervariasi dari 100° hingga 140° . Data ini menyoroti respons potensiometer terhadap gerakan *end-effector* dari posisi awal ke target dan kembali, yang menunjukkan pentingnya pemantauan sudut dalam pengembangan fisioterapi lengan tangan.
4. Prototipe fisioterapi lengan tangan dengan 2 derajat kebebasan (DOF) mampu melakukan arah gerakan target (kiri, kanan, maju, mundur). Melalui simulasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB, prototipe ini menunjukkan kemampuan untuk mencapai posisi target sesuai dengan skenario yang dirancang, baik dalam gerakan fleksi dan ekstensi pada sendi siku maupun gerakan abduksi dan adduksi pada sendi bahu. Setiap skenario simulasi memperlihatkan perubahan sudut sendi yang konsisten dan terukur, yang menunjukkan potensi prototipe ini untuk digunakan dalam rehabilitasi lengan tangan. Hasilnya mengindikasikan bahwa prototipe ini memiliki prospek menjanjikan untuk digunakan dalam latihan rehabilitasi, membantu pasien mencapai posisi yang diinginkan dengan tingkat akurasi yang memadai.
5. Prototipe fisioterapi lengan tangan telah ditampilkan dalam berbagai posisi dan sudut penggunaannya, seperti yang tergambar pada Gambar

4.16 dan Gambar 4.17. Gambar-gambar ini memberikan perspektif yang komprehensif mengenai postur dan sudut tubuh pengguna, yang penting untuk analisis ergonomi menggunakan metode RULA. Hasil pengukuran sudut lengan tangan digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi risiko ergonomi dan potensi cedera muskuloskeletal pada pengguna. Analisis RULA menunjukkan nilai 3, mengindikasikan perlunya investigasi lebih lanjut terhadap desain atau penggunaan prototipe ini, meskipun risiko ergonomisnya tidak terlalu tinggi.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut adalah saran-saran untuk penelitian yang akan datang mengenai prototipe fisioterapi lengan tangan:

1. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan prototipe fisioterapi dengan lebih banyak derajat kebebasan (DOF) atau fungsi tambahan yang dapat meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas terapi.
2. Mengintegrasikan teknologi sensor yang lebih canggih untuk meningkatkan presisi pengukuran sudut sendi serta memungkinkan *feedback real-time* untuk pengguna.
3. Melakukan studi lebih mendalam mengenai ergonomi penggunaan prototipe fisioterapi untuk memastikan bahwa desainnya tidak hanya efektif secara teknis tetapi juga ergonomis dan aman untuk digunakan dalam jangka waktu panjang.
4. Melakukan uji coba lebih lanjut dengan sampel pengguna yang lebih besar dan beragam untuk menguji efektivitas prototipe fisioterapi dalam berbagai kondisi dan kebutuhan klinis yang berbeda.
5. Melakukan studi komparatif dengan teknologi fisioterapi lainnya untuk menentukan keunggulan relatif dari prototipe fisioterapi yang dikembangkan dalam hal kualitas rehabilitasi, kenyamanan pengguna, dan efisiensi terapi.