

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

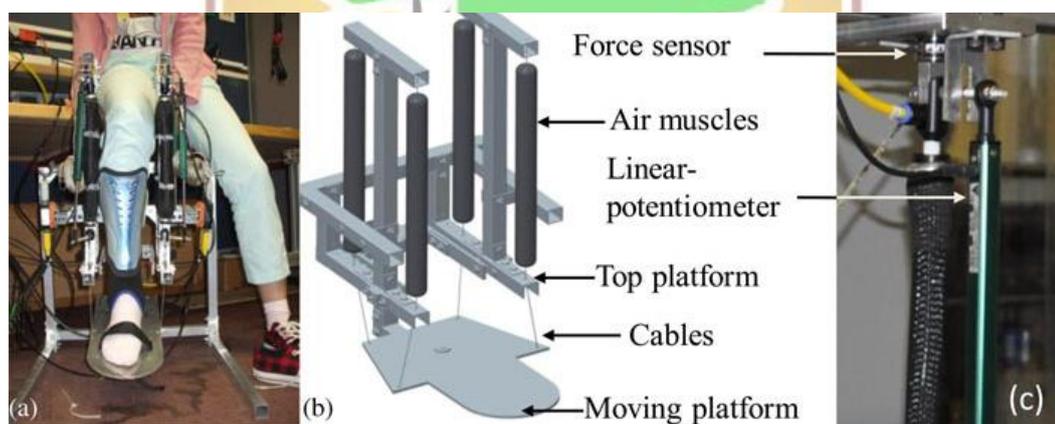
Ankle kaki atau pergelangan kaki adalah anggota gerak tubuh manusia yang mendukung pergerakan baik dalam berjalan ataupun berlari dengan struktur mekanis yang padat, kompleks, dan disatukan oleh sebuah jaringan otot – tulang yang luas. Jaringan-jaringan tersebut terdiri atas ligamen, otot, dan tendon yang bekerjasama untuk membentuk pondasi pada mobilitas manusia. Mobilitas manusia yang umumnya sangat membebani kaki dapat menyebabkan kaki dan *ankle* kaki mengalami cedera. Cedera *ankle* ditimbulkan akibat ikatan ligamen, yaitu jaringan ikat yang mengikat tulang pada persendian, mengalami peregangan yang berlebihan. Cedera *ankle* adalah salah satu cedera *musculoskeletal* yang sering terjadi. Cedera *ankle* terdiri atas robek ligamen (*ligament tears*), patah (*fracture*), dan keseleo (*sprain*) yang merupakan cedera yang paling banyak ditemui[1]. Kebanyakan dari cedera tersebut terjadi pada saat aktivitas berolahraga ataupun saat berjalan pada permukaan yang tidak rata dan menyebabkan beban yang ditumpu oleh kaki dan *ankle* berada pada posisi yang tidak seharusnya.

Perlakuan yang dapat dilakukan pada saat *ankle* kaki mengalami cedera adalah seperti mengistirahatkan kaki sesering mungkin dengan tidak banyak melakukan pergerakan, mengoleskan es, menggunakan obat anti-inflamasi, membalut *ankle* kaki dengan perban yang elastis untuk meredakan pembengkakan dengan menghindari pembalutan yang ketat, dan menggunakan alat bantu untuk merehabilitasi *ankle* kaki dengan penggunaan yang bertahap.

Jika perlakuan yang diberikan pada *ankle* kaki yang mengalami cedera tidak dilakukan pada waktu yang tepat dan tidak sesuai perlakuan seharusnya, ligamen pada *ankle* kaki tidak akan dapat kembali ke keadaan semula. Hal tersebut akan menyebabkan stabilitas *joint* pada *ankle* dan menyebabkan keseleo (*sprain*) yang berulang[2]. Oleh karena itu, pasien yang telah mengalami cedera *ankle* kaki membutuhkan perawatan berupa latihan yang diberikan pada *ankle* agar kaki dapat bergerak dengan mobilitas yang sama dengan manusia normal. Salah satu perlakuan

yang diberikan kepada penderita cedera *ankle* kaki agar dapat memulihkan keadaannya adalah dengan menggunakan alat bantu untuk merehabilitasi *ankle* kaki dengan penggunaan yang bertahap.

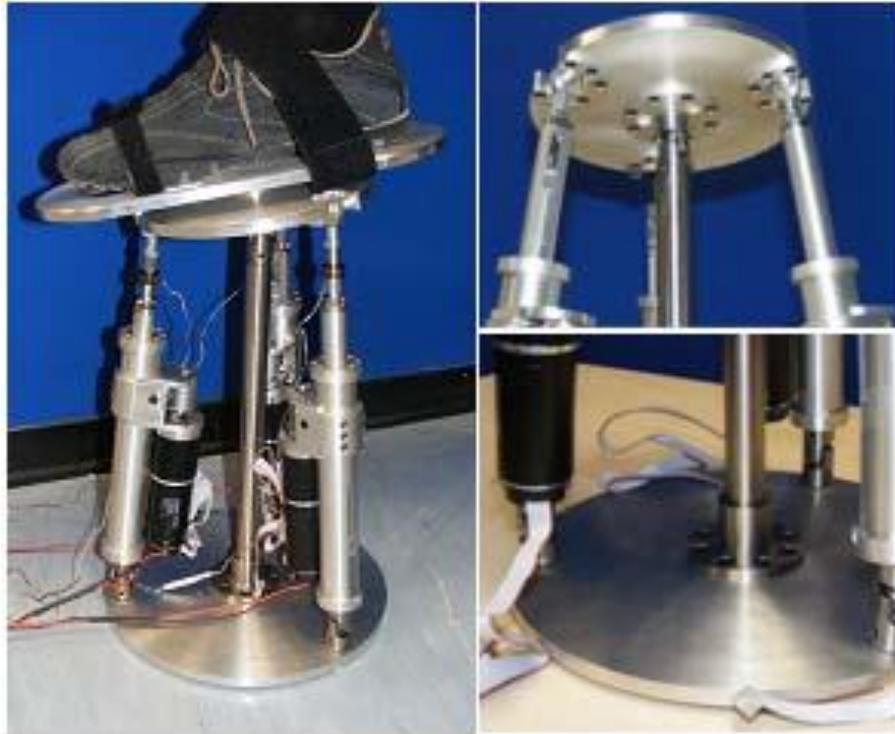
Dalam perkembangannya, rehabilitasi *ankle* kaki dilakukan dengan bantuan alat atau dengan robot yang dapat memberikan pergerakan minimum awal agar kaki mendapatkan peregangan yang dibutuhkan agar kekakuan kaki dapat diminimalisir sebelum bergerak sehingga mampu melakukan pergerakan yang tidak membebani kaki. Beberapa perkembangan pada alat rehabilitasi *ankle* kaki adalah robot dengan tiga derajat kebebasan (3-DOF) yang dikembangkan oleh Jamwal et. al yang dilihat pada **Gambar 1.1**, memiliki torsi aktuasi yang terbatas untuk pelatihan *ankle* pada pasien. Rantai kinematik yang digunakan pada alat ini adalah 3-UPS, dimana ukuran platform dapat disesuaikan dengan berbagai variasi ukuran kaki manusia. Aktuator yang digunakan adalah *pneumatic muscle aktuator* yang memiliki kelebihan ringan, harga yang murah, dan rasio transmisi daya yang besar yang cocok untuk menahan pembebanan berat badan manusia[3].



Gambar 1.1 Robot Rehabilitasi *Ankle* Kaki Oleh Jamwal et. al [3]

Selanjutnya terdapat alat rehabilitasi yang dirancang oleh Saglia et. al yang dapat dilihat pada **Gambar 1.2**, dengan dua derajat kebebasan (2-DOF) dan ruang gerak (*Range of Motion*) yang diperlukan, dimana robot ini menggunakan aktuator linear yang disesuaikan untuk menghasilkan gaya dan torsi yang dibutuhkan untuk latihan penguatan dan keseimbangan. Rantai kinematik yang digunakan adalah 3-UPS yang hanya bisa digunakan untuk dua jenis gerak rotasi *ankle* kaki manusia, yaitu plantarfleksi-dorsifleksi dan inversi-eversi. Singularitas kinematik yang dirancang oleh Saglia et. al diatasi dengan adanya mekanisme paralel penggerak secara

redundant sehingga meningkatkan kemampuan dalam menahan gaya distribusi akibat pembebanan berat manusia selama fisioterapi [4].



Gambar 1.2 Robot Rehabilitasi *Ankle* Kaki Oleh Saglia et. al [4]

Pada penelitian ini dilakukan dengan meneruskan penelitian sebelumnya, yaitu merancang peralatan rehabilitasi *ankle* kaki berbasis mekanisme kinematik paralel rotasi dengan rantai kinematik 3UPU+S (3 *Universal-Prismatic-Universal+Spherical*) yang diharapkan dapat mencapai kondisi yang lebih fleksibel. Perbedaan dari penelitian sebelumnya adalah dengan menambahkan sebuah batang tetap yang ditumpu pada *base* dan terdapat sebuah *spherical joint* pada penghubung platform. Penelitian akan dilakukan dengan menitikberatkan pemilihan dimensi yang tepat dengan memvariasikan beberapa variabel agar dapat bergerak dalam tiga derajat kebebasan (3-DOF) pada gerak rotasi sesuai kebutuhan penderita cedera *ankle* kaki. Rancangan menggunakan sebuah batang tetap dengan *spherical joint* sebagai penghubung platform yang dijadikan sebagai koordinat global pada mekanisme.

Perancangan yang akan dilakukan dengan rantai kinematik 3UPU+S (3 *Universal-Prismatic-Universal+Spherical*) akan dianalisis baik dari kemampuan, singularitas, dan kekakuan dari mekanisme. Hal-hal yang terkait dalam meningkatkan performa

gerak *output platform*, yaitu dengan memperhatikan rancangan dimensi dan bentuk komponen mekanik yang tidak terkait dengan konstanta kinematik, mempertimbangkan toleransi yang diizinkan dalam proses manufaktur dan proses *assembly* tiap komponen, dan interferensi tiap komponen yang dapat mempengaruhi inersia gerak tiap sambungan. Penelitian ini diharapkan dapat membantu orang-orang dengan kebutuhan tertentu agar dapat bergerak dan memiliki mobilitas seperti manusia normal.

1.2 Rumusan Masalah

Salah satu cedera *ankle* kaki yang terjadi pada manusia adalah keseleo (*sprain*). Keseleo dapat diatasi dengan menggunakan alat bantu untuk merehabilitasi *ankle* kaki dengan penggunaan yang bertahap. Alat yang digunakan harus dapat memenuhi *workingspace* gerak *ankle* kaki, yaitu 20.3° - 29.8° pada dorsifleksi, 37.6° - 45.8° pada plantarfleksi, 14.5° - 22.0° pada inversi, 10.0° - 17.0° pada eversi, 15.4° - 25.9° pada adduksi, dan 22.0° - 36.0° pada abduksi. Oleh karena itu, dibutuhkan peralatan rehabilitasi dan perwatan *ankle* kaki yang dapat memenuhi kriteria gerak *ankle* kaki manusia dan mendapatkan konstanta kinematik. Sehingga dapat dirumuskan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana mendapatkan sintesis dimensi mekanisme 3UPU+S (3 *Universal-Prismatic-Universal+Spherical*) terhadap *workingspace* ?
2. Bagaimana mendapatkan formulasi *inverse kinematic* mekanisme 3UPU+S (3 *Universal-Prismatic-Universal+Spherical*) terhadap pemenuhan *Range of Motion ankle* pada kaki manusia ?
3. Bagaimana mendapatkan pengaruh pembebanan pada platform terhadap gaya aktuasi dari actuator ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Mendapatkan sintesis dimensi yang tepat untuk mekanisme kinematik paralel rotasi 3UPU+S (3 *Universal-Prismatic-Universal+Spherical*) agar menghasilkan *workingspace* yang memenuhi *range of motion ankle* kaki manusia.

2. Mendapatkan formulasi *inverse kinematic* mekanisme 3UPU+S (3 *Universal-Prismatic-Universal+Spherical*).
3. Mendapatkan pengaruh pembebanan pada platform terhadap gaya aktuasi dari actuator

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk :

1. Memudahkan pengembangan alat rehabilitasi dan perawatan *ankle* kaki dengan sistem 3UPU+S.
2. Membantu analisis posisi untuk konfigurasi rantai kinematik 3UPU+S.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ditetapkan pada penelitian ini adalah :

1. Sistem bergerak hanya dalam 3 derajat kebebasan (*Degree of Freedom*) dalam arah rotasi.
2. Batang penghubung bersifat kaku.
3. Massa batang berpusat pada titik berat batang.
4. Gesekan yang terjadi pada sambungan batang diabaikan.
5. Evaluasi kerja yang dilakukan berupa *workingspace*

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan diawali dengan Bab I yang berisikan tentang pendahuluan. Pada bab ini dibahas latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Selanjutnya pada Bab II dijabarkan teori-teori pendukung yang berhubungan dengan penelitian. Lalu pada Bab III dijelaskan metodologi yang digunakan pada penelitian. Pada Bab IV dijelaskan hasil dan pembahasan dari penelitian yang disertai dengan analisis. Pada BAB V dijelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian kedepannya.