

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Drop foot merupakan suatu kondisi dimana pasien kehilangan kendali pada bagian *ankle dorsiflexion*, yaitu kemampuan untuk mengangkat telapak kaki. Hal ini dapat terjadi karena kondisi neurologis seperti penyakit stroke, *multiple sclerosis* maupun adanya cedera otak (Hamedi *et al.*, 2015). Kondisi *drop foot* dapat menyebabkan menurunnya kecepatan jalan, langkah kaki semakin pendek, dan energi yang dikeluarkan untuk berjalan menjadi lebih tinggi. Stroke menjadi salah satu penyebab utama *drop foot* hingga diperkirakan terdapat 20% kejadian pascastroke yang menyebabkan kondisi ini (Andini *et al.*, 2021).

Stroke merupakan suatu kondisi yang disebabkan oleh pembekuan darah atau adanya pembuluh arteri pecah yang mengalir ke otak. Hal ini menyebabkan penurunan kadar oksigen dan glukosa yang tersuplai ke otak sehingga memicu kerusakan dan kematian sel otak. Kondisi ini dapat mengakibatkan penurunan gerakan, suara, dan memori (Zubaidi, 2014). Terdapat sekitar 20% sampai dengan 30% pasien pascastroke kehilangan kemampuan berjalan dimana sebagian lain mengalami disabilitas baik sedang hingga berat (Paoloni *et al.*, 2010). Stroke menduduki peringkat ketiga sebagai penyakit yang menyebabkan kematian terbesar dengan tingkat persentase kematian 18% sampai dengan 37% untuk kasus stroke pertama. Sedangkan untuk kasus stroke lanjutan, persentase kematian hingga sebesar 62%. Jumlah kasus stroke akan meningkat seiring dengan peningkatan tren populasi lanjut usia di seluruh dunia (WHO dalam Aziz *et al.*, 2008). Di Indonesia sendiri, jumlah penderita stroke menduduki peringkat pertama di Asia dengan tingkat prevalensi sebesar 10,9 tiap 1000 penduduk pada tahun 2018. Data ini meningkat sebesar 3,9 persen dibandingkan pada tahun 2013 (Riskesdas, 2018).

Ankle Foot Orthosis (AFO) merupakan salah satu instrumentasi medis sebagai ortotik prostetik yang dapat digunakan dalam proses rehabilitasi *gait*. Fungsi penggunaan AFO bagi pasien pascastroke adalah untuk meningkatkan fungsi berjalan dengan memberikan efek stabilitas selama berdiri. Salah satu ortotik prostetik yang dapat digunakan untuk menangani kasus *drop foot* adalah jenis *Posterior Leaf Spring* AFO (PLS AFO). PLS AFO dapat digunakan sebagai stabilisator keseimbangan *gait* yang mengurangi *plantar flexion*, yaitu kondisi pergelangan kaki yang lemas sehingga telapak kaki menjauhi kaki pada penderita *drop foot*. Jenis AFO ini memiliki desain yang semi dinamik sehingga fleksibel. Tujuannya adalah agar dapat membantu saat fase *push-off* dan *midstance* (Zubaidi, 2014). Desain PLS-AFO terdiri dari penampang yang luas di area betis dan tumit hingga jari kaki, serta menyempit pada bagian pergelangan kaki (*Trimline retromalleolar*). Ciri inilah yang membedakan jenis PLS AFO dengan AFO lainnya (Kerr *et al.*, 2011). PLS AFO dipilih sebagai solusi rehabilitasi kasus *drop foot* pascastroke karena memiliki fleksibilitas khususnya pada bagian pergelangan kaki sehingga mendukung proses rehabilitasi akibat fungsi otot yang digantikan oleh AFO. PLS AFO memiliki sifat mekanik yang lebih dinamis. Hal ini ditandai dengan tingkat kekakuan dan menurunnya indeks ketergantungan yang menyebabkan berkurangnya penggunaan energi dan memberikan kekakuan yang sesuai pada tuas kaki pada saat *pre-swing* (Bedard *et al.*, 2016).

Melihat kebutuhan penggunaan AFO yang cukup tinggi, saat ini telah banyak dilakukan proses pembuatan AFO. Namun, proses pembuatan AFO yang dilakukan adalah dengan membentuk cetakan *custom* secara langsung dari pengukuran kaki pasien. Teknik ini memiliki kekurangan dari segi waktu dan biaya produksi. Hal ini dapat terjadi karena pada prosesnya kesuksesan desain AFO yang telah dimodelkan sangat ditentukan oleh keterampilan bidang produksi. Disamping itu, saat desain telah jadi dan siap digunakan tidak menutup kemungkinan AFO tersebut masih perlu melalui proses perbaikan akibat ketidaksesuaian dengan parameter-parameter yang menjadi kebutuhan pengguna. Seiring perkembangan teknologi yang ada, penerapan teknik *trial and error* dalam proses produksi AFO dapat diminimalisasi dengan menerapkan teknik *Computer Aided Design* (CAD)

dalam proses pemodelan AFO (Marques *et al.*, 2012). Selain dapat mengurangi penggunaan biaya dan waktu dalam proses produksi, metode ini juga memiliki keunggulan karena dapat digunakan untuk mengukur parameter utama AFO meliputi *stress*, *strain*, dan deformasi. Selain itu, teknik ini juga mendukung proses pengaturan parameter berulang sedemikian sehingga didapatkan hasil model AFO terbaik yang memenuhi kebutuhan pengguna. (Ielapi *et al.*, 2019).

Salah satu teknik komputerisasi untuk proses simulasi dalam produksi AFO adalah dengan menggunakan metode analisis numerik *Finite Element Method* (FEM). FEM merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk mensimulasikan objek beserta sifat mekaniknya dengan melakukan analisis struktur statis serta dapat memberikan beban pada objek sebagai representasi beban tubuh (Marques *et al.*, 2012). Menimbang dari fungsi analisis metode ini, maka FEM dapat menjadi solusi proses produksi AFO yang lebih efisien baik dari segi waktu maupun biaya yang dikeluarkan karena dapat meminimalisasi terjadinya kesalahan dalam proses fabrikasi yang dilakukan.

Berdasarkan pemaparan latar belakang yang telah diuraikan diatas, pada penelitian ini penulis akan mengembangkan desain PLS AFO sebagai solusi rehabilitasi pada pasien pascastroke dengan kondisi *drop foot*. Terdapat beberapa variabel bebas yang diterapkan dalam desain yang dikembangkan, variasi tersebut meliputi material, ketebalan, tinggi *cuff*, lebar *Trimline retromalleolar*. *Cuff* adalah area bagian atas AFO yang mengelilingi betis pengguna. Sedangkan *Trimline retromalleolar* merupakan area pada sekitar pergelangan kaki yang penghubung telapak kaki dengan bagian AFO untuk area betis. Pembebanan yang digunakan pada penelitian ini adalah pembebanan GRF dan pembebanan *cuff*. Untuk mengetahui efek dari masing masing variasi terhadap pembebanan, model dianalisis dengan menggunakan FEM berbasis komputer. Parameter-parameter yang dianalisis meliputi *strain*, *stress*, deformasi, *rotational stiffness*, *safety factor*, dan *fatigue analysis*. Keseluruhan proses ini bertujuan untuk mengetahui variasi model PLS AFO yang paling baik dalam fungsi rehabilitasi kasus *drop foot*, aman, nyaman, dan dapat meningkatkan efisiensi pengeluaran biaya maupun waktu selama proses produksi. Model PLS AFO dinyatakan aman ketika memiliki nilai

safety factor tidak kurang dari 100% dan memiliki stabilitas yang baik berdasarkan hasil *rotational stiffness*. Sedangkan kenyamanan model dapat dilihat pada besar sudut yang terbentuk dalam analisis deformasi ketika pembebanan *cuff*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi jenis material, ketebalan, tinggi *cuff*, dan lebar *Trimline retromalleolar* terhadap fungsi rehabilitasi kasus *drop foot* dengan PLS-AFO pada uji statis?
2. Bagaimana pengaruh variasi jenis material, ketebalan, tinggi *cuff*, dan lebar *Trimline retromalleolar* terhadap fungsi rehabilitasi kasus *drop foot* dengan PLS-AFO pada uji dinamis?
3. Bagaimana distribusi *stress*, *strain*, dan deformasi model PLS AFO pada uji statis dan uji dinamis?
4. Kombinasi variasi parameter manakah yang paling sesuai untuk rehabilitasi kasus *drop foot* menggunakan PLS-AFO?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses pemodelan desain 3D PLS-AFO yang akan diuji dibatasi oleh fitur yang terdapat pada *software* Autodesk Fusion 360.
2. Proses analisis *stress*, *strain*, dan deformasi pada uji statis, serta *fatigue analysis* pada uji dinamis beserta proses simulasi desain 3D PLS-AFO dibatasi oleh fitur yang terdapat pada *software* ANSYS 2019.
3. Data sekunder berupa data antropometri berasal dari subjek penelitian dengan kondisi normal tanpa kelainan kaki dan gangguan neurologis lainnya.

4. Material yang digunakan adalah *Polypropylene* dan *Akrilonitril butadiena stirena*.
5. Parameter ketebalan divariasikan dengan nilai 10 mm dan 8 mm.
6. Parameter tinggi *cuff* divariasikan dengan nilai 6 cm dan 9 cm.
7. Parameter lebar *Trimline retromalleolar* divariasikan dengan nilai 8 cm, 10 cm, dan 12 cm.
8. Parameter pembebanan yang divariasikan adalah pembebanan *cuff* dan GRF.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi jenis material, ketebalan, tinggi *cuff*, dan lebar *Trimline retromalleolar* terhadap fungsi rehabilitasi kasus *drop foot* dengan PLS-AFO pada uji statis.
2. Mengetahui pengaruh variasi jenis material, ketebalan, tinggi *cuff*, dan lebar *Trimline retromalleolar* terhadap fungsi rehabilitasi kasus *drop foot* dengan PLS-AFO pada uji dinamis.
3. Mengetahui distribusi *stress*, *strain*, dan deformasi model PLS AFO pada uji statis dan uji dinamis.
4. Mengetahui kombinasi variasi parameter yang sesuai untuk digunakan dalam rehabilitasi kasus *drop foot*.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi pengetahuan dalam pengembangan teknologi rehabilitasi medis, khususnya pada kasus *drop foot* yang dapat disebabkan oleh gangguan *neurologic*.

2. Sebagai pertimbangan dokter dan tenaga medis dalam ranah rehabilitasi medis untuk pengembangan AFO sebagai alat rehabilitasi.
3. Sebagai pertimbangan parameter-parameter yang diperlukan dalam pengembangan AFO pada kasus *drop foot* khususnya dengan penerapan metode elemen hingga.