

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penyakit stroke merupakan penyumbang kematian nomor dua di seluruh dunia. Stroke sendiri juga salah satu penyebab kecacatan yang cukup besar dan setiap tahunnya mengalami peningkatan (Kesehatan et al., n.d.). Penyebab dari stroke yakni adanya gangguan aliran darah ke otak, yang menimbulkan kerusakan pada saraf di bagian otak dan mengganggu pertukaran informasi melalui jalur normal antara anggota badan dan otak (Adiputra et al., 2019). Penderita stroke memerlukan rehabilitasi khusus dengan terapis berupa terapi secara berkala agar fungsi anggota gerak seperti tangan, jari-jemari, terutama bagian kaki, agar dapat digerakkan kembali. Selain para terapis, salah satu penunjang proses terapi untuk para penderita stroke agar dapat berjalan dengan baik yakni alat bantu berupa robot rehabilitasi (Aurelius Lami & Sonalitha, 2023). Perkembangan teknologi robot dapat berpengaruh dalam proses peningkatan pelatihan atau rehabilitasi cara berjalan untuk pasien pasca stroke (Adiputra et al., 2019).

Berjalan adalah salah satu bentuk dasar penggerak motorik tubuh bagian bawah (*lower limb*) yang harus diperoleh oleh para pasien pasca stroke (Adiputra et al., 2019). Dalam konteks rehabilitasi *lower limb* teknologi robotik yang umum ditemui yakni *ankle-foot orthoses* (AFO). Robot AFO sendiri adalah alat bantu berbentuk penyangga kaki dan pergelangan kaki guna membantu orang dengan gangguan gerak pada kaki akibat stroke, cedera, maupun masalah *neuromuskular* lainnya. Alat ini dapat membantu pengguna agar melangkah lebih stabil dengan dilengkapi teknologi canggih seperti motor penggerak, sistem kontrol pintar, sensor dan perangkat lainnya sebagai pendukung (Shefa et al., 2023). Pemantauan terhadap pasien fisioterapi dapat dilakukan dengan cara melihat perubahan pada gaya berjalan (*gait*) pasien.

Gaya berjalan pada pasien stroke umumnya mengalami asimetri gaya berjalan, biasanya terjadi pada salah satu sisi tubuh yang tidak terkena stroke akan lebih dominan. Hal ini menyebabkan pola gaya berjalan yang timpang pada sisi tubuh yang sehat, bagian ini akan mengalami langkah yang lebih pendek dan waktu

tumpuan yang lebih lama (Selves et al., 2020). Sedangkan untuk gaya berjalan manusia sehat melibatkan koordinasi kompleks antara otak, sistem saraf, otot, dan sendi yang tidak dimiliki oleh pasien stroke. Manusia dengan kondisi *lower limb* normal memiliki pola berjalan yang menunjukkan ritme dan sinkronasi yang stabil antara kedua kakinya, dan setiap langkah memiliki fase tumpuan dan fase ayunan (Rani & Kumar, 2023). Untuk melihat perubahan gaya berjalan pasien rehabilitasi, robot AFO memerlukan komponen yang dapat mendeteksi gaya berjalan seperti *smart insole*.

*Smart insole* merupakan perangkat yang dapat menunjang kinerja dari robot AFO dikarenakan bentuknya yang fleksibel, ringan, dan portabel (Almuteb et al., 2022). *Smart insole* itu sendiri adalah perangkat pintar yang dirancang untuk ditempatkan di dalam sepatu guna memantau dan mengumpulkan data terkait aktivitas fisik dari tekanan kaki dan parameter kesehatan lainnya. Pada perangkat *smart insole* juga dilengkapi dengan berbagai sensor yang dapat memungkinkan pengukuran data biomekanik secara *real-time* pada penggunaannya. Pada bidang rehabilitasi, sering ditemui penggunaan *smart insole* karena dapat menganalisis pola berjalan dan aktivitas fisik dari penggunaannya, yang dapat berguna dalam mempercepat pemulihan pasien paska cedera (Hwang et al., 2016).

Pada penelitian sebelumnya penggunaan sensor yang diaplikasikan pada *insole* robot AFO yakni sensor FSR, sensor ini ditempatkan di bawah *insole* untuk mendeteksi fase *gait*. Sensor FSR bertugas sebagai perangkat pengendali elektronik yang diaktifkan dengan tekanan kaki (*footswitches*). Dengan sensor FSR, robot AFO juga dapat mengklasifikasikan *gait* menjadi empat fase: fase 1 (P1) tahap awal saat tumit pertama kali menyentuh tanah hingga seluruh telapak kaki menapak secara penuh dipermukaan, fase 2 (P2) kaki bergerak dari posisi datar ke posisi tumit mulai terangkat dari tanah, fase 3 (P3) dimulai ketika tumit terangkat dan berlanjut hingga hanya jari kaki yang masih menyentuh permukaan, fase 4 (P4) dimana kaki bergerak bebas di udara (fase ayunan) dan kembali memasuki siklus baru dengan kontak tumit ke permukaan (Adiputra et al., 2020) (Adiputra et al., 2023). Dibeberapa penelitian *smart insole* sebelumnya juga menyebutkan, penggunaan sensor FSR menjadi salah satu komponen yang dipilih untuk mendukung kinerja dari perangkat. Namun perlu diketahui, meskipun sensor FSR

banyak digunakan karena harganya yang murah dan menyajikan integrasi mudah, kekurangan dari sensor FSR membatasi penggunaannya dalam aplikasi yang membutuhkan pengukuran akurat dalam rentang tekanan yang luas dan pemakaian dalam jangka waktu panjang (Algamili et al., 2021). Selain sensor FSR, terdapat penelitian lain mengenai *smart insole* yang menggunakan sensor CPS untuk membaca fase berjalan pada manusia.

*Capacitive Pressure Sensor (CPS)* adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur tekanan dengan mendeteksi perubahan kapasitansi. Cara kerja dari CPS yakni menyerupai dengan prinsip kerja kondensator, dimana terdapat dua plat logam yang diletakan secara menumpuk dan dipisahkan oleh material dielektrik. Perubahan nilai kapasitansi didapat dari perubahan jarak yang terjadi saat sensor diberikan tekanan (Chen et al., n.d.). Dalam pengaplikasian pada *smart insole* untuk membaca gaya berjalan, sensor CPS memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan sensor FSR. Keunggulan dari sensor CPS meliputi sensitivitas yang lebih tinggi, respons yang lebih linear terhadap perubahan tekanan, stabilitas yang lebih baik terhadap variasi suhu, memiliki umur pakai yang lebih tinggi, dan konsistensi pengukuran yang lebih baik dibandingkan dengan FSR (Santos et al., 2024). Namun ada beberapa penyesuaian yang perlu dilakukan agar sensor CPS dapat diaplikasikan pada robot AFO.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *smart insole* menggunakan sensor CPS yang dapat diaplikasikan pada robot AFO, agar dapat digunakan dengan nyaman oleh pasien fisioterapi serta tidak mengurangi fungsionalitas dari *smart insole* itu sendiri. Aspek utama yang dilakukan pada penelitian ini yakni merubah pemilihan bahan yang akan digunakan pada sensor CPS dengan menggunakan PAD pada *flexible PCB* sebagai elektroda. *Flexible PCB* itu sendiri adalah sejenis papan sirkuit yang terbuat dari material fleksibel seperti poliamida atau poliester. Berbeda dengan PCB kaku, *flexible PCB* memiliki karakteristik bahan yang dapat dilipat, dibengkokkan, atau digulung tanpa merusak komponen didalamnya. Selain itu *flexible PCB* memiliki beberapa keunggulan daripada PCB konvensional, seperti lebih hemat ruang, bobot yang ringan, fleksibilitas desain, serta ketahanan terhadap getaran dan tekanan mekanis (Bae et al., 2022). Karna hal tersebut *flexible PCB*

dirasa sangat cocok sebagai material sensor *smart insole* yang akan diaplikasikan pada robot AFO.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang *smart insole* menggunakan sensor CPS yang dapat menghasilkan informasi *gait* untuk robot AFO?
2. Bagaimana cara klasifikasi *gait* yang dapat dilakukan *smart insole*?
3. Bagaimana karakteristik kapasitan yang dapat dihasilkan dari *smart insole*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang desain *smart insole* dan alat pembacaan agar dapat mendeteksi *gait* untuk digunakan pada robot AFO.
2. Mengetahui cara klasifikasi *gait* yang dapat dihasilkan dari sensor CPS pada *smart insole*.
3. Mengetahui karakteristik kapasitansi yang dapat dihasilkan dari *smart insole*.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan *capacitive pressure instrumen* untuk sensor dalam *smart insole*.
2. Material sensor yang digunakan pada *smart insole* menggunakan *flexible PCB*.
3. Penggunaan arduino mega 2560 pro dengan akuisisi data RC time konstanta sebagai sistem pembacaan.
4. Penelitian dibatasi terkait dengan perancangan alat serta pengujian yang terdiri dari proses desain *smart insole*, pengujian pembacaan alat, pengujian tekanan dan pengujian dengan responden.
5. Penelitian dibatasi terkait dengan klasifikasi *gait stance pace* yang dapat dilakukan pada *smart insole*.
6. Pengujian tekanan dilakukan dengan gaya statis.
7. Terdapat 8 titik pembacaan dengan dua bagian pembacaan *gait* pada sensor *smart insole*, yakni *heel* dan *toes*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Dengan penelitian pengembangan *smart insole* untuk robot fisioterapi (robot AFO) menggunakan komponen kapasitor sebagai sensornya. Diharapkan *Smart insole* ini memberikan kenyamanan terhadap pengguna robot AFO, dikarenakan pemilihan material yang fleksibel dengan menggunakan *flexible PCB* sebagai bahan komponen sensornya. Dengan menggunakan sensor berjenis kapasitansi, diharapkan *smart insole* dapat memiliki ketahanan yang lebih lama dalam aspek penggunaannya dan dapat membaca gaya berjalan dari resistensi yang dihasilkan dari sensor.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Pada penelitian Pengembangan Insole Pintar Pada Robot Fisioterapi Menggunakan Komponen Kapasitor ini terdiri dari 4 BAB. Pada BAB I dengan judul PENDAHULUAN, dijelaskan latar belakang mengenai stroke dan rehabilitasinya. Dari rehabilitasi tersebut diketahui bahwasanya terdapat robot yang mampu membantu dalam melakukan rehabilitasi pasien dengan gangguan *lower limb* yang salah satunya diakibatkan oleh penyakit stroke yakni robot AFO. Robot rehabilitasi ini terdiri dari berbagai komponen pendukung salah satunya *smart insole* yang menjadi konsekn pada penelitian ini. Pada BAB II yang berjudul LANDASAN TEORI menjelaskan tentang kajian penelitian yang sudah pernah dilakukan dengan tujuan dapat memberi referensi untuk penelitian ini. Selain itu terdapat dasar teori yang berhubungan dengan penelitian yang dikerjakan. Pada BAB III dengan judul METODOLOGI PENELITIAN menjelaskan metodologi dan proses yang dilakukan mulai dari awal sampai akhir penelitian. Pada BAB IV dengan judul PENGUMPULAN DAN PENGELOHAN DATA menjelaskan tentang proses pengumpulan dan pengolahan data dari berbagai pengujian pada *smart insole*. Pada BAB V dengan judul ANALISIS DAN PEMBAHASAN menjelaskan tentang hasil yang didapatkan dari pengujian yang telah dilakukan pada *smart insole*. pada BAB VI dengan judul KESIMPULAN DAN SARAN membahas tentang kesimpulan yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.