

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jumlah penderita stroke di Indonesia berdasarkan hasil diagnosis diperkirakan mencapai 1.236.825 orang (7,0%), sementara jumlah penderita berdasarkan gejala yang ada mencapai 2.137.941 orang (12,1%). (Prabawati & Pitaloka, 2021) Prevelansi stroke di Indonesia mencapai 2.282.500 orang, berdasarkan data survey kesehatan Indonesia pada tahun 2023 (Biro Komunikasi dan Pelayanan Publik, Kementerian Kesehatan RI, 2024) stroke juga menjadi salah satu penyebab disabilitas yang ada di Indonesia, khususnya pada kemampuan motorik akibat kerusakan pada sistem saraf pusat, hal ini berdampak pada aktivitas sehari-hari. Salah satu gejala yang sering dialami pasien pasca-stroke adalah *foot drop*, ketidakmampuan pasien mengangkat kaki bagian depan (dorsifleksi), hal ini membatasi mobilitas pasien secara signifikan sekaligus meningkatkan risiko jatuh serta kemampuan untuk mencari kerja. Untuk membantu pasien pasca-stroke memulihkan kembali fungsi motoriknya, diperlukan latihan atau rehabilitasi yang dilakukan efektif dan keinginan. Namun, rehabilitasi konvensional sering kali belum mencukupi dalam segi intensitas, sehingga terobosan teknologi terbaru sangat diperlukan. (Pangesti et al., 2021)

Dalam beberapa tahun terakhir, biosinyal, khususnya elektromiografi (EMG), menjadi fokus penelitian sebagai salah satu metode untuk mendukung rehabilitasi motorik pasien pasca-stroke. EMG merupakan sebuah teknik deteksi, analisis, dan pemanfaatan sinyal listrik atau disebut *mioelektrik* yang dihasilkan otot. baik saat keadaan berkontraksi maupun saat keadaan diam otot tetap memberikan nilai. Sinyal listrik ini tepat nya berasal dari membran sel otot, dalam keadaan diam memiliki nilai sekitar -70mV. Rentang amplitudo sinyal ini bervariasi dari $< 50 \mu V$ hingga $> 20-30 mV$, tergantung jenis otot yang diamati. (Rakasena & Herdiman, 2020) Pengolahan sinyal EMG memiliki tantangan tersendiri, seperti hal nya memiliki amplitudo yang rendah, *noise* dari lingkungan, dan interferensi sinyal dari otot lain yang dapat disebut *crosstalk*. (Wulandari, 2020),

(Bhandarkar, 2013) Oleh karena itu, diperlukan sistem instrumentasi yang mampu mendeteksi dan memproses sinyal EMG dengan akurasi tinggi.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem instrumentasi EMG yang dapat mendeteksi sinyal dengan akurasi tinggi dan siap digunakan dalam aplikasi rehabilitasi. Untuk mengimplementasikan sistem ini secara non-invasif, pendekatan *surface electromyography* (sEMG) dipilih sebagai metode utama dengan mengukur sinyal listrik yang direkam dari permukaan otot. (Gowda & Miller, 2024), (Fu et al., 2022), (Cheng et al., 2023) Instrumentasi EMG memiliki standar seperti yang dijelaskan pada (Tankisi et al., 2020) EMG harus memiliki komponen amplifikasi dan filterisasi. (Fatoni et al., 2022) Sistem instrumentasi ini dirancang memanfaatkan komponen utama seperti IC AD620, yang memiliki karakteristik nilai rasio *common-mode rejection ratio* (CMRR) tinggi dan penguatan hingga 1000 kali dengan resistor *eksternal*. (Pérez-Reynoso et al., 2022; Sardjono et al., 2022) Pemrosesan sinyal didesain melewati serangkaian tahapan, termasuk amplifikasi, filtering, rektifikasi, dan *smoothing*. Dengan pendekatan ini, dihasilkan sinyal berkualitas tinggi yang dapat diolah lebih lanjut untuk mendeteksi pola aktivitas otot secara akurat. (Pérez-Reynoso et al., 2022; Zhou et al., 2020)

Tujuan utama dari instrumentasi sensor EMG untuk mendukung pemulihan pasien pasca-stroke dengan memanfaatkan sinyal EMG yang presisi sebagai pemicu gerakan robot eksoskeleton yang digunakan sebagai salah satu upaya rehabilitasi pasien. Dengan mendeteksi sinyal listrik yang dihasilkan otot, robot eksoskeleton (Yin et al., 2020) dikembangkan sehingga dapat bergerak secara natural sesuai keinginan pasien. Gerakan secara natural pada robot eksoskeleton diperlukan koordinasi dari serangkaian otot, dalam konteks rehabilitasi ekstremitas bawah yang kita bahas perlu koordinasi dari otot tibialis *anterior*, *gastrocnemius*, dan *soleus* untuk memberikan gerakan dorsifleksi dan plantarfleksi. (Audini & Wibowo, 2018) Namun, teknologi pemanfaatan EMG rata-rata menggunakan 1 sumber otot (*One Channel*). Untuk mengatasi hal tersebut, sensor EMG di penelitian ini didesain menggunakan 3 sumber otot (*Three Channels*) agar sinyal yang diterima robot lebih akurat. Dengan sistem ini, diharapkan pasien dapat mengoptimalkan proses rehabilitasi, memulihkan fungsi motorik lebih cepat, dapat

diaplikasikan ke robot eksoskeleton Picobot, dan juga membuka peluang pengembangan lebih lanjut untuk aplikasi biosinyal lainnya.

1.2. Rumusan Masalah

Instrumen sensor EMG berfokus pada pembuatan dan pengolahan sinyal EMG, berikut merupakan rumusan masalah penelitian:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan desain PCB dari rangkaian instrumentasi sensor EMG 3 kanal sebagai muscle sensor yang ringkas?
2. Bagaimana kualitas dari nilai *signal to noise ratio* sensor EMG dibanding dengan sensor EMG v1.1?
3. Bagaimana sensitivitas dan *bandwidth* sensor EMG 3 kanal dibanding dengan sensor EMG v1.1?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Merancang dan mengimplementasikan desain rangkaian instrumentasi sensor EMG 3 kanal sebagai muscle sensor pada PCB.
2. Menunjukkan dan membandingkan kualitas dari nilai *Signal to Noise Ratio* sensor EMG dengan sensor EMG lainnya.
3. Melakukan pengujian dari nilai sensitivitas dan bandwidth sensor EMG dengan sensor EMG lainnya.

1.4. Batasan dan Asumsi Penelitian

1. *Amplifier* dari sensor EMG yang dirancang menggunakan IC AD620.
2. Nilai dari perbandingan kualitas sensor yang diuji di penelitian ini mencakup *bandwidth*, sensitivitas, dan *signal to noise ratio*.
3. Perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi awal dalam tahap simulasi dan desain menggunakan Software Multisim dan EasyEDA.
4. Instrumentasi sensor EMG dilakukan hanya sampai tahap desain dan pencetakan sensor meliputi amplifikasi, filtering, rektifikasi, dan smoothing sinyal, belum sampai tahapan pengujian pada robot eksoskeleton Picobot.

5. Pengujian dan pengambilan data hanya dilakukan menggunakan sensor EMG 3 kanal dan divalidasi dengan sensor EMG yang sudah ada.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan membuat sensor EMG 3 kanal yang memiliki kualitas bacaan yang baik dengan SNR yang tinggi sehingga cocok digunakan sebagai pemicu gerakan robot eksoskeleton, SNR yang tinggi menandakan bahwa sensor EMG 3 kanal ini dapat digunakan sebagai alat kesehatan seperti pemicu robot eksoskeleton Picobot salah satunya karena sinyal yang diterima sebagai pemicu diterima dari tiga otot berbeda dengan kualitas yang baik, agar pasien dapat menggerakkan robot sesuai dengan keinginan atau gerakan yang natural, sehingga dapat mempercepat waktu pemulihan alat gerak motorik dari pasien. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi dasar dari pengembangan lebih lanjut EMG dalam pembuatan sensor maupun aplikasi biosinyal lainnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis dan terstruktur untuk memudahkan pembaca dalam memahami keseluruhan proses penelitian yang dilakukan, mulai dari latar belakang permasalahan hingga simpulan akhir. Penulisan dibagi ke dalam enam bab utama yang saling berkesinambungan, dengan masing-masing bab memuat pokok bahasan yang spesifik dan mendalam sesuai dengan tahap-tahap penelitian. Bab I merupakan Pendahuluan, yang membuka laporan ini dengan pemaparan mengenai latar belakang masalah yang seputar penelitian ini, dirangkai dengan rumusan masalah yang menjadi inti dari pencarian solusi ilmiah. Di dalamnya juga dijelaskan tujuan yang ingin dicapai, batasan ruang lingkup agar pembahasan tetap fokus, serta manfaat penelitian yang diharapkan dapat memberi kontribusi baik secara teoritis maupun praktis. Bagian ini juga memperkenalkan pentingnya teknologi EMG sebagai pemicu gerak dalam sistem rehabilitasi berbasis robot eksoskeleton. Bab II berisi Landasan Teori, yang menghadirkan kajian literatur dan teori-teori relevan sebagai fondasi ilmiah. Di dalamnya termuat pembahasan mendalam mengenai prinsip kerja otot rangka, dasar-dasar elektromiografi (EMG),

spesifikasi teknis dan fungsi dari sensor EMG, serta struktur pemrosesan sinyal yang digunakan dalam sistem. Terdapat pula pemaparan tentang penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi rujukan dalam pengembangan sistem, termasuk pembahasan mengenai *amplifier*, filter, serta pendekatan *signal-to-noise ratio* sebagai tolok ukur performa sensor. Bab III menjelaskan Metodologi Penelitian. Di sini, peneliti menguraikan langkah-langkah kerja secara rinci, mulai dari perancangan awal sistem sensor EMG, proses simulasi menggunakan perangkat lunak, hingga tahap implementasi perangkat keras. Disampaikan pula spesifikasi alat dan bahan yang digunakan dalam proses pembuatan dan pengujian sistem. Diagram alir dan skematik rangkaian juga dilampirkan untuk memberikan visualisasi menyeluruh terhadap proses instrumentasi sinyal otot yang dirancang. Bab IV membahas Pengumpulan dan Pengolahan Data, yang merinci tahapan uji coba sistem, mulai dari pengamatan bentuk sinyal pada tiap tahap pemrosesan hingga akuisisi data secara aktual dari subjek percobaan. Pengujian dilakukan pada beberapa gerakan otot ekstremitas bawah, seperti jinjit, mengangkat kaki, dan kontraksi statis, dengan hasil ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Data ini kemudian diklasifikasikan berdasarkan kanal otot untuk mengevaluasi sejauh mana sistem dapat mendeteksi aktivitas otot secara akurat. Bab V adalah Analisis dan Pembahasan. Pada bagian ini, peneliti melakukan verifikasi dan validasi sistem melalui perbandingan hasil sensor rancangan sendiri dengan sensor yang sudah ada. Analisis difokuskan pada nilai *signal-to-noise ratio* (SNR) sebagai indikator kualitas sinyal, sensitifitas, dan bandwidth serta interpretasi terhadap grafik hasil pembacaan sensor dalam berbagai kondisi. Hasil temuan dibahas secara kritis untuk menilai efektivitas dan potensi pengembangan lebih lanjut dari sistem yang dirancang. Bab VI menutup laporan dengan Kesimpulan dan Saran. Kesimpulan merangkum capaian utama penelitian serta menunjukkan sejauh mana tujuan awal telah tercapai. Sementara itu, saran diberikan sebagai rekomendasi konstruktif untuk penelitian lanjutan, termasuk perbaikan pada tahap rektifikasi, desain PCB yang lebih presisi, serta pentingnya validasi bertahap untuk mengurangi ketidaksesuaian antara hasil simulasi dan implementasi nyata. Dengan struktur penulisan seperti ini, diharapkan laporan tugas akhir ini tidak hanya mampu memberikan pemahaman teknis secara menyeluruh.