

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aksara Bali merupakan salah satu warisan budaya yang terdapat nilai historis dan masih digunakan dalam berbagai aspek kehidupan, seperti upacara adat, pendidikan, dan literatur klasik (Kesiman et al., 2020). Salah satu elemen krusial di dalamnya adalah Pengangge Suara, yang memiliki peran penting dalam membentuk fonetik dan makna kata dalam bahasa Bali (Riawati, 2021). Sebagai bagian dari aksara tradisional, Pengangge Suara digunakan untuk memberikan vokalisasi pada aksara dasar, sehingga memungkinkan pembaca memahami pengucapan yang tepat dalam teks berbahasa Bali (Putu et al., 2021). Namun, seiring menurunnya kemampuan masyarakat dalam membaca dan menulis Aksara Bali di era modern, diperlukan upaya pelestarian yang lebih aktif (Pradnyana et al., 2019). Menjawab tantangan ini, Pemerintah Provinsi Bali menetapkan Peraturan Gubernur Nomor 80 Tahun 2018 sebagai langkah strategis. Regulasi tersebut secara spesifik mengamanatkan penggunaan Aksara Bali pada fasilitas umum dan mendorong penyelenggaraan Bulan Bahasa Bali untuk meningkatkan kesadaran publik. (jdih.baliprov.go.id).

Secara tradisional, pendekatan komunikasi bagi penyandang tunawicara mengandalkan metode seperti bahasa isyarat atau tulisan, yang masih bergantung pada kemampuan motorik. Sebagai solusi inovatif yang tidak memerlukan gerakan fisik, teknologi Brain-Computer Interface (BCI) menawarkan terobosan. Salah satu konsep utamanya adalah *imagined spelling*, yaitu proses menerjemahkan aktivitas otak saat seseorang membayangkan sebuah karakter menjadi bentuk komunikasi (Lopez-Bernal et al., 2024). Teknologi ini bekerja dengan menggunakan Electroencephalogram (EEG) untuk merekam sinyal otak secara non-invasif, sehingga menjadi pendekatan yang sangat potensial untuk sistem komunikasi alternatif (Gargi Rakshit et al., 2016).

Meskipun demikian, implementasi BCI berbasis Electroencephalogram untuk *imagined spelling* dihadapkan pada tantangan komputasi yang fundamental. Aktivitas otak yang merepresentasikan imajinasi ucapan bukanlah data statis, melainkan sebuah proses sekuensial yang dinamis di mana pola saat ini sangat bergantung pada pola sebelumnya (Monesi et al., 2021). Tantangan utamanya adalah bagaimana sebuah model dapat mengingat informasi relevan dari langkah waktu sebelumnya dan menggunakan konteks tersebut untuk menginterpretasikan langkah waktu saat ini, sambil mengabaikan informasi yang tidak lagi signifikan dalam urutan sinyal EEG.

Berbagai pendekatan telah dieksplorasi untuk mengatasi tantangan klasifikasi sinyal EEG, berevolusi dari machine learning klasik menuju deep learning. Penerapan Convolutional Neural Network (CNN) mulai menunjukkan peningkatan akurasi yang signifikan (Cooney et al., 2020), namun arsitektur CNN konvensional masih menghadapi keterbatasan dalam menangani dependensi temporal yang kompleks pada sinyal EEG yang secara fundamental bersifat sekuensial. Sebagai solusi atas keterbatasan tersebut, arsitektur Long Short-Term Memory (LSTM) menjadi pendekatan yang lebih menjanjikan. Keunggulannya terletak pada arsitektur uniknya yang dilengkapi mekanisme *gates* canggih untuk mengontrol memori: *forget gate* menentukan informasi lama mana yang harus dilupakan, *input gate* mengatur data baru mana yang akan disimpan, dan *output gate* menyaring informasi mana yang akan dikeluarkan sebagai hasil. Kemampuan untuk secara cerdas mengelola memori inilah yang membuat LSTM sangat efektif untuk menganalisis sinyal imajinasi ucapan yang dinamis (Abdulghani et al., 2023).

Implementasi arsitektur LSTM yang berhasil telah ditunjukkan oleh beberapa studi, seperti oleh Agarwal & Kumar (2022) dan Abdulghani et al. (2023), yang keduanya berhasil mencapai akurasi tinggi dalam klasifikasi imajinasi ucapan. Secara spesifik, arsitektur dari Agarwal & Kumar (2022) menggunakan lapisan deep LSTM untuk mengekstraksi fitur temporal dari sinyal EEG. Namun, sebuah keterbatasan dari studi tersebut adalah fokusnya pada dataset dengan jumlah subjek dan variasi yang terbatas, serta belum diuji pada domain aksara non-latin yang memiliki karakteristik berbeda.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut dan memastikan validitas model, penelitian ini akan memanfaatkan BISE Dataset (I. M. A. Wirawan & Paramarta, 2025). Dataset ini secara unik menyediakan rekaman sinyal EEG dari subjek normal yang melakukan dua tugas: membayangkan (*imagined*) dan mengeja secara lisan (*spelling*). Oleh karena itu, penelitian ini secara spesifik akan melakukan Implementasi Metode *Long Short-Term Memory* Untuk Pengenalan Pola Imajinasi Ucapan Pengangge Suara Aksara Bali pada Sinyal *Electroencephalogram*. Melalui implementasi ini, penelitian akan berkontribusi memberikan solusi komunikasi bagi individu dengan keterbatasan verbal, sekaligus mendukung pelestarian Aksara Bali dalam ranah digital melalui sebuah aplikasi berbasis web.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bagaimana Pengembangan model *Long Short-Term Memory* untuk mengenali Pola Imajinasi Ucapan Pengangge Suara Aksara Bali pada sinyal *Electroencephalogram*?
- Bagaimana Implementasi Metode *Long Short-Term Memory* Untuk Pengenalan Pola Imajinasi Ucapan Pengangge Suara Aksara Bali pada Sinyal *Electroencephalogram* pada sistem Aplikasi web?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk:

- Mengembangkan model *Long Short-Term Memory* untuk mengenali Pola Imajinasi Ucapan Pengangge Suara Aksara Bali pada sinyal *Electroencephalogram*.
- Mengimplementasikan Metode *Long Short-Term Memory* Untuk Pengenalan Pola Imajinasi Ucapan Pengangge Suara Aksara Bali pada Sinyal *Electroencephalogram* pada sistem Aplikasi web.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini sebagai berikut:

- Penelitian ini menggunakan dataset sekunder yaitu BISE (*Balinese Imagined Spelling using Electroencephalogram*) Dataset yang terdiri dari sinyal EEG untuk enam huruf vokal (pengangge suara) dalam Aksara Bali, yaitu ᮘ, ᮙ, ᮛ, ᮜ, ᮝ, and ᮞ. Data dikumpulkan dari 31 partisipan (Wirawan et al., 2024). Dengan asumsi bahwa distribusi data untuk masing-masing fonem vokal dalam dataset yang digunakan adalah seimbang.
- Sistem pengenalan pola *imagined spelling* yang dikembangkan dalam penelitian ini tidak diintegrasikan secara langsung dengan *hardware* eksternal maupun *software* antarmuka pengguna. Oleh karena itu, simulasi interaksi *Brain Computer System* dengan sistem tidak dilakukan secara real-time, melainkan berfokus pada analisis dan klasifikasi data EEG yang telah direkam sebelumnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam beberapa aspek berikut:

1. Bagi Penulis

- Pengembangan Keahlian: Penelitian ini memberikan kesempatan bagi penulis untuk mendalami dan mengimplementasikan metode pembelajaran mendalam, khususnya *Long Short-Term Memory* dalam konteks pengolahan sinyal biomedis, seperti sinyal

EEG.

- Inovasi Metode: Penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi metode yang paling efektif dan efisien dalam mengenali pola imagery ejaan aksara Bali vokal pada sinyal EEG.

2. Bagi Individu Tunawicara

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi individu tunawicara dengan membuka potensi pengembangan sarana komunikasi alternatif. Melalui sistem pengenalan imagined spelling Aksara Bali, mereka dapat memiliki cara baru untuk mengekspresikan pikiran, gagasan, dan kebutuhan mereka, bahkan untuk berpartisipasi dalam konteks budaya yang menggunakan Aksara Bali, sehingga meningkatkan kemandirian dan kualitas interaksi mereka dengan lingkungan sekitar.

3. Bagi Pembaca

Pembaca dapat memahami potensi penelitian ini untuk dikembangkan menjadi teknologi bantu yang dapat membantu individu dengan gangguan bicara, khususnya mereka yang ingin berkomunikasi dalam bahasa Bali. Dengan memanfaatkan sinyal EEG, individu tersebut dapat mengekspresikan diri dan berinteraksi dengan lingkungan sekitar.

4. Bagi Akademik

Penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam klasifikasi sinyal EEG, terutama dalam konteks *Imagined Spelling* pada Aksara Bali, serta sebagai pertimbangan untuk penelitian lanjutan yang mungkin dilakukan di masa yang akan datang.

