

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi kontrol berbasis suara mengalami kemajuan pesat seiring meningkatnya kemampuan sistem dalam mendukung interaksi tanpa kontak langsung. Salah satu implementasinya adalah sistem pengendalian perangkat elektronik pada lingkungan rumah pintar (*smart home*) melalui perintah suara. Dalam sistem ini, pengguna dapat mengontrol perangkat seperti lampu dan pintu secara otomatis hanya dengan perintah sederhana, tanpa perlu menekan tombol fisik. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan, tetapi juga memberikan kemudahan akses bagi individu dengan keterbatasan fisik dalam mengoperasikan perangkat elektronik.

Pengenalan suara (*speech recognition*) dalam *smart home* menuntut sistem untuk mampu mengenali perintah secara akurat dalam berbagai kondisi lingkungan yang tidak selalu ideal. Faktor-faktor seperti aksen, nada suara, serta gangguan latar belakang (*noise*) sangat memengaruhi kinerja sistem dalam mengenali perintah. Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang mampu menangani variasi tersebut agar sistem dapat bekerja secara efektif dan andal dalam penggunaan sehari-hari.

Dalam beberapa tahun terakhir, pendekatan *deep learning* seperti *Recurrent Neural Network* (RNN) telah banyak digunakan dalam pemrosesan sinyal suara. Namun, arsitektur RNN konvensional memiliki keterbatasan dalam menangani dependensi jangka panjang dari data sekuensial. Untuk mengatasi hal tersebut, dikembangkanlah arsitektur *Long Short-Term Memory* (LSTM) serta *Gated Recurrent Unit* (GRU). Keduanya dirancang khusus untuk menangani data sekuensial seperti sinyal suara, dengan kemampuan menyimpan informasi dalam jangka waktu yang lebih panjang melalui mekanisme *gating*.

Penelitian oleh Shewalkar dkk. (2019) mengevaluasi performa dari model RNN, LSTM, serta GRU dalam tugas pengenalan suara menggunakan dataset TED-LIUM berbahasa Inggris. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa LSTM memiliki nilai *Word Error Rate* (WER) yang paling rendah dari dua model yang lain, sehingga dapat dikatakan bahwa LSTM memiliki akurasi yang paling baik. Meskipun

demikian, GRU memberikan hasil yang hampir setara dengan waktu pelatihan yang lebih efisien (Shewalkar dkk., 2019).

Penelitian oleh Tombaloglu dan Erdem (2021) memperkuat penelitian sebelumnya, melalui eksperimen pengenalan suara pada bahasa aglunatif seperti bahasa Turki. Dalam penelitian tersebut, LSTM terbukti memiliki akurasi terbaik dengan nilai *Word Error Rate* (WER) sebesar 10,65%, sedangkan GRU mencatatkan nilai WER sedikit lebih tinggi yaitu 11,25% dan tetap dengan waktu pelatihan yang lebih efisien. Temuan ini menegaskan bahwa struktur bahasa dan pemilihan model yang tepat merupakan aspek krusial dalam sistem pengenalan suara (Tombaloglu & Erdem, 2021).

Dalam konteks implementasi sistem pengenalan suara pada lingkungan nyata, beberapa penelitian telah mengembangkan prototipe *smart home* berbasis perintah suara. Prakoso dan Prasetyo (2025) mengembangkan sistem kontrol perangkat rumah tangga seperti kipas, lampu, dan kunci pintu menggunakan model GRU pada perangkat Raspberry Pi 5. Sistem ini menunjukkan performa yang cukup baik dengan akurasi rata-rata mencapai 88,75%, meskipun masih ditemukan kesalahan klasifikasi akibat kemiripan pola akustik antar perintah (Prakoso & Prasetyo, 2025). Sebaliknya, Fadhillah dan Prasetyo (2025) menggunakan pendekatan berbasis LSTM untuk sistem yang serupa, namun hanya mencapai akurasi sebesar 54%. Perbedaan hasil ini menunjukkan bahwa pada sistem dengan keterbatasan sumber daya dan jumlah data, model GRU cenderung lebih stabil dibandingkan model LSTM (Fadhillah & Prasetyo, 2025).

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah disebutkan, dapat disimpulkan bahwa pemilihan model jaringan sangat bergantung pada karakteristik sistem dan ketersediaan data. Tantangan utama dalam pengembangan sistem pengenalan suara untuk kendali rumah pintar antara lain adalah keterbatasan jumlah data dan keberadaan *noise* pada lingkungan nyata. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan tambahan seperti augmentasi data dan peningkatan metode prapemrosesan untuk meningkatkan performa sistem.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengenalan suara pada bahasa aglunatif lain seperti bahasa Indonesia, untuk pengendalian rumah pintar, dengan membandingkan kinerja model BiGRU dan BiLSTM dalam kondisi dataset terbatas. Penelitian ini juga akan mengevaluasi pengaruh dari penerapan teknik augmentasi data terhadap performa sistem, baik dari sisi akurasi pada klasifikasi

maupun efisiensi komputasi. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh model yang optimal untuk diterapkan pada mikrokontroler dengan sumber daya terbatas seperti Arduino UNO.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan sistem kendali berbasis suara yang lebih akurat dan adaptif. Dengan mengadopsi teknologi *deep learning*, sistem yang dirancang dapat menawarkan solusi yang lebih efektif untuk aplikasi kontrol perangkat elektronik, tidak hanya dalam skala rumah pintar tetapi juga di berbagai bidang lain seperti kesehatan, industri, dan transportasi. Peningkatan akurasi dalam pengenalan perintah suara akan memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik dan membuka peluang lebih luas untuk penerapan sistem ini dalam kehidupan sehari-hari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses implementasi sistem klasifikasi perintah suara untuk aplikasi *smart home* menggunakan model *Bidirectional Gated Recurrent Unit* (BiGRU) dan *Bidirectional Long-Short Term Memory* (BiLSTM)?
2. Bagaimana efektivitas model *Bidirectional Gated Recurrent Unit* (BiGRU) dan *Bidirectional Long-Short Term Memory* (BiLSTM) dalam mengenali perintah suara yang diperoleh dari hasil perekaman mandiri?
3. Faktor apa saja yang memengaruhi performa klasifikasi suara pada model *Bidirectional Gated Recurrent Unit* (BiGRU) dan *Bidirectional Long-Short Term Memory* (BiLSTM) dalam konteks pengendalian perangkat *smart home*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan ruang lingkup penelitian dan memudahkan proses analisis, maka penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Perangkat elektronik yang dikendalikan melalui sistem pengenalan suara terbatas pada satu buah lampu AC dan satu buah motor servo.

2. Sistem pengenalan suara dibatasi lima jenis perintah dasar, yaitu “Buka”, “Nyala”, "Padam", "Redup", dan "Tutup".
3. Penelitian hanya menggunakan metode *Bidirectional Gated Recurrent Unit* (BiGRU) dan *Bidirectional Long-Short Term Memory* (BiLSTM) tanpa melibatkan arsitektur *deep learning* lain.
4. Dataset yang digunakan untuk pelatihan dan pengujian merupakan data hasil rekaman mandiri dengan jumlah responden terbatas, tanpa mempertimbangkan keberagaman dialek, aksen, maupun variasi gaya bicara lainnya.
5. Perintah suara diucapkan dalam bahasa Indonesia oleh tiga responden, tanpa mempertimbangkan variasi usia, gender, maupun logat daerah.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan model *Bidirectional Gated Recurrent Unit* (BiGRU) dan *Bidirectional Long-Short Term Memory* (BiLSTM) dalam sistem klasifikasi perintah suara untuk aplikasi *smart home*.
2. Menganalisis efektivitas dan keterbatasan metode *Bidirectional Gated Recurrent Unit* (BiGRU) dan *Bidirectional Long-Short Term Memory* (BiLSTM) dalam mengenali perintah suara untuk pengendalian perangkat elektronik seperti lampu dan pintu.
3. Mengevaluasi performa klasifikasi suara dari model *Bidirectional Gated Recurrent Unit* (BiGRU) dan *Bidirectional Long-Short Term Memory* (BiLSTM) berdasarkan akurasi, ketahanan terhadap variasi input, serta faktor-faktor yang memengaruhinya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan pemahaman mengenai penerapan model *Bidirectional Gated Recurrent Unit* (BiGRU) dan *Bidirectional Long-Short Term Memory* (BiLSTM) dalam sistem pengendalian perangkat *smart home* berbasis suara.

2. Meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna melalui sistem kontrol perangkat elektronik tanpa sentuhan (*contactless*).
3. Mendukung pengembangan teknologi *deep learning* dalam bidang *speech recognition* agar lebih akurat dan adaptif terhadap kondisi dunia nyata.
4. Memberikan alternatif solusi interaksi yang mudah dan aman bagi pengguna berkebutuhan khusus seperti penyandang disabilitas dan lansia.
5. Menjadi landasan awal dalam pengembangan sistem *smart home* berbasis suara yang lebih cerdas, responsif, dan hemat energi.

1.6 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dan beberapa tinjauan yang diperlukan adalah:

1. Studi literatur; Mempelajari dan menganalisis informasi dari penelitian sebelumnya terkait penggunaan *deep learning* dalam proses *speech recognition*, pemanfaatan teknologi Arduino, serta penggunaan Arduino dalam kendali perangkat elektronik. Studi ini mencakup tinjauan pustaka dari jurnal, artikel ilmiah, serta sumber relevan lainnya.
2. Observasi; Mengamati secara langsung proses pembuatan sistem kendali perangkat elektronik berbasis *speech recognition* melalui media daring seperti YouTube, situs pendidikan, atau tutorial online. Observasi ini bertujuan untuk mempelajari prinsip kerja sistem, cara pembuatan, serta implementasi praktisnya.
3. Eksperimen; Membuat dan merancang sistem kendali perangkat elektronik, yang mencakup kendali lampu menggunakan *speech recognition* dan pengendalian pintu menggunakan motor servo. Eksperimen ini melibatkan proses desain perangkat keras, pemrograman untuk Arduino, serta pengujian sistem untuk memastikan bahwa alat dapat berfungsi sesuai tujuan yang telah ditetapkan.
4. Evaluasi Hasil Eksperimen; Menganalisis hasil eksperimen untuk mengevaluasi performa sistem, yang mencakup pengukuran tingkat akurasi *speech recognition*, kecepatan respon sistem dalam mengendalikan perangkat, serta konsistensi kinerja sistem dalam berbagai kondisi lingkungan.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini, sistematika penulisan akan diatur dalam lima bab dengan urutan sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Mendeskripsikan mengenai latar belakang yang memperkenalkan gambaran tentang metode, rumusan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang tinjauan Pustaka atau teori-teori dasar serta teori-teori penunjang yang diperoleh dari berbagai referensi yang berhubungan dengan penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN SISTEM

Berisi tentang proses penelitian secara lengkap pembuatan alat, program, pengambilan data, serta pengujian alat.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Berisi tentang hasil dari eksperimen perancangan dan pembuatan program untuk menjalankan alat.

Bab V Penutup

Berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian beserta saran untuk pengembangan selanjutnya.