

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era teknologi modern ini, gangguan pendengaran menjadi salah satu disabilitas yang cukup umum di seluruh dunia. Menurut *World Health Organization* (WHO), lebih dari 1,5 miliar orang mengalami berbagai tingkat gangguan pendengaran, dan angka ini diproyeksikan terus meningkat seiring dengan bertambahnya usia populasi dan faktor lingkungan yang mempengaruhi kesehatan pendengaran [1]. Kondisi ini membuat banyak orang kesulitan mendeteksi suara di sekeliling mereka, termasuk suara darurat seperti sirine ambulans yang penting bagi keselamatan, baik bagi penderita sendiri maupun orang lain di sekitarnya [2].

Finesilver dalam penelitian yang dilakukan oleh Carlotta Boone, et. al [3] membandingkan catatan mengemudi 100 pengemudi tuli dengan dua kelompok pengemudi pendengar, masing-masing terdiri dari 100 orang. Kelompok kontrol terdiri dari 100 pengemudi yang dipilih secara acak dari registri Departemen Kendaraan Bermotor dan ditempatkan dalam kelompok A atau B. Pengemudi tuli dipilih dari daftar 128 peserta tuli dalam program peningkatan keterampilan mengemudi. Finesilver menemukan bahwa pengemudi tuli memiliki lebih sedikit pelanggaran lalu lintas bergerak dibandingkan kelompok kontrol A (54% lebih sedikit) dan kelompok kontrol B (113% lebih sedikit).

Wu Lingli [4] dalam risetnya menyatakan bahwa pengemudi yang memiliki kendala dalam pendengaran dapat tetap mengendarai sebuah kendaraan, tetapi mereka akan menghadapi beberapa tantangan unik, karena pada dasarnya mengemudi tidak hanya tentang melihat tetapi mendengar juga. Kesulitannya yaitu hambatan dalam komunikasi, seperti apabila dalam keadaan darurat, mereka tidak bisa mendengar sirine ambulans, pemadam kebakaran, dan mobil polisi karena mereka mengandalkan visualisasi seperti lampu yang berkedip-kedip. Oleh karena itu para masyarakat yang mengalami kesulitan dalam pendengaran harus bersikap sangat waspada dan selalu mengamati sekitar agar tidak terjadi hal – hal yang tidak diinginkan.

Selanjutnya, menurut pengakuan salah satu pengemudi yang mengalami kesulitan pendengaran mengungkapkan bahwa untuk saat ini sangat terbantu dengan adanya teknologi yang semakin maju. Contohnya ada beberapa perangkat yang memperingatkan pengemudi apabila terdapat ambulans atau kendaraan darurat lainnya saat melintas dengan adanya tampilan visual saat ambulans mendekat ataupun adanya getaran pada kursi dan steer mobil [4]. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa masyarakat dengan gangguan pendengaran mengandalkan isyarat visual seperti lampu yang berkedip dan menggunakan alat bantu teknologi seperti roda kemudi yang bergetar.

Di Indonesia penggunaan sirene pada kendaraan darurat diatur dalam Undang-undang Nomor 22 tahun 2009 pasal 135 ayat (1) tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang berbunyi “Kendaraan yang mendapat hak utama sebagaimana dimaksud dalam Pasal 134 harus dikawal oleh petugas Kepolisian Negara Republik Indonesia dan/atau menggunakan isyarat lampu merah atau biru dan bunyi sirene”. Suara sirene pada kendaraan darurat juga memiliki bunyi yang berbeda-beda tergantung pada penggunaan dan penerapannya. Meskipun sekilas terdengar suara dari sirene kendaraan darurat yang disebutkan di atas sama, akan tetapi suara sirene dari kendaraan darurat itu sendiri memiliki perbedaan antara satu dengan yang lainnya [5]. Ketika kendaraan darurat melakukan tugasnya, suara sirene dikeluarkan untuk memperingatkan pengemudi lain tentang kebutuhan petugas akan hak jalan di jalan. Saat ini, mobil-mobil modern dirancang dengan kemampuan kedap suara yang sangat baik, sehingga pengemudi tidak dapat mendengar suara sirene kendaraan darurat yang mendekat. Hal ini dapat menyebabkan keterlambatan dalam memberikan layanan darurat atau bahkan kecelakaan lalu lintas karena komunikasi dan kerja sama yang tidak tepat.

Bagi pengemudi dan penumpang dengan gangguan pendengaran atau tuli, mengenali suara sirene akan menjadi masalah besar. Suara sirene yang biasanya digunakan untuk memperingatkan pengemudi lain sering kali tidak terdeteksi oleh mereka. Saat ini, belum ada sistem di kendaraan yang mampu mendeteksi suara sirene dan memberikan peringatan visual secara real-time, khususnya untuk membantu pengguna jalan yang memiliki keterbatasan pendengaran [6].

Penelitian dan pengembangan di bidang deteksi suara berbasis *machine learning* menunjukkan potensi besar untuk mengatasi masalah ini. Dengan melatih algoritma pada data suara sirene, perangkat yang tertanam dalam mobil pintar ataupun alat bantu dengar dapat mendeteksi secara akurat keberadaan ambulans, lalu memberikan notifikasi visual atau sensorik kepada pengemudi yang tuli atau sulit mendengar. Implementasi teknologi ini tidak hanya akan meningkatkan keselamatan pengguna jalan, tetapi juga memberikan aksesibilitas yang lebih baik bagi masyarakat yang memiliki keterbatasan pendengaran. “The Hearing Car” dari Fraunhofer [7], menunjukkan bahwa teknologi AI dapat digunakan untuk mendeteksi suara di lingkungan luar mobil, termasuk suara sirene ambulans. Penelitian ini memberikan gambaran tentang bagaimana teknologi pendengaran pada mobil dapat meningkatkan respons perangkat terhadap situasi darurat.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mecocci dan Grassi [8] *mel-frequency cepstral coefficients* (MFCC) dikembangkan dengan mengekstraksi fitur *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) dari sampel audio dua detik dan memasukkannya ke dalam jaringan saraf *feedforward*. MFCC dipilih karena kemampuannya untuk menawarkan representasi ringkas dari spektrum sinyal audio, yang merangkum informasi tentang perubahan kecepatan di berbagai pita spektrum. Selanjutnya penggunaan MFCC untuk deteksi suara sirene menunjukkan bahwa sampel dua detik cukup panjang untuk memberikan akurasi yang tinggi untuk pendeteksian. Kekurangan pada penelitian tersebut adalah kurangnya integrasi untuk keadaan tanpa sinyal visual karena sistem ini bergantung pada sinyal audio dan visual secara bersamaan, yang bisa menjadi tantangan dalam situasi di mana tidak ada sinyal visual yang jelas dan adanya ketergantungan perangkat keras yakni sistem ini menggunakan YOLOv8 dan MFCC yang memerlukan perangkat keras dengan daya komputasi tertentu, seperti NVIDIA Jetson Nano. Hal ini membatasi penggunaannya pada perangkat yang lebih murah atau kurang bertenaga karena konsumsi daya dan kebutuhan komputasi yang tinggi.

Lain halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Rane et al., [9] metode yang diusulkan pertama-tama membagi sinyal audio yang direkam dan kemudian mengekstrak fitur dalam domain waktu dan frekuensi. Kemudian fitur-fitur tersebut digunakan untuk melatih *Bayesian regularized artificial neural network* (BRANN).

Sebuah model baru yang bergantung pada dua set fitur pada satu waktu sehingga meningkatkan akurasi dan mengurangi kemungkinan penundaan diusulkan dan diimplementasikan. Terlihat bahwa metode yang diusulkan memberikan akurasi lebih dari 99 persen dalam kondisi simulasi menggunakan data suara dari audio yang telah direkam sebelumnya. Kekurangan pada penelitian tersebut adalah keterbatasan kemampuan pemrosesan perangkat seluler karena algoritma ini menggunakan *Bayesian Regularized Artificial Neural Network* (BRANN) yang mungkin membebani ponsel dengan spesifikasi rendah, mengakibatkan pemrosesan yang lebih lambat atau kesalahan pendeteksian pada perangkat dengan sumber daya terbatas.

Pada penelitian ini, peneliti mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh D Chirag Chinvarp [10]. Penelitian tersebut menggunakan SVM sebagai classifier dan menggunakan MFCC untuk ekstraksi fitur, dengan cara mengekstraksi komponen sinyal audio yang efektif untuk mengidentifikasi konten linguistik dan menghilangkan sebagian besar kebisingan latar belakang. Oleh karena itu, setelah MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients) ditemukan untuk sinyal tertentu, fitur ini digunakan sebagai input untuk algoritma pembelajaran mesin (ML) yang dapat mengklasifikasikan sinyal audio dengan sukses. Selain itu, penelitian tersebut melakukan berbagai macam cara untuk reduksi dimensi untuk meningkatkan efisiensi dari model. Cara mereka reduksi dimensi adalah dengan menggunakan *statistical characteristics* seperti mencari *mean*, *rms*, dan *variance*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan operasi statistik untuk mengurangi dimensi data MFCC terbukti meningkatkan efisiensi model SVM. Studi komparatif mengenai efisiensi model yang diperoleh setelah menggunakan dataset Kaggle dan dataset baru menunjukkan bahwa dataset yang lebih besar dan seimbang adalah pendekatan terbaik untuk melatih pengklasifikasi pembelajaran mesin (ML). Output dari support vector machine kini dapat digunakan untuk mengatur kepadatan lalu lintas di persimpangan yang padat, sehingga memungkinkan pergerakan ambulans tanpa hambatan.

Dengan demikian, penelitian ini dimotivasi oleh adanya kebutuhan untuk memberikan solusi bagi pengemudi dengan gangguan pendengaran yang sulit mendeteksi suara sirine ambulans. Meskipun banyak penelitian tentang deteksi

suara ambulans telah dilakukan, sebagian besar menggunakan dataset internasional tanpa mempertimbangkan variasi akustik sirine ambulans di Indonesia. Selain itu, belum ada sistem yang dirancang untuk memberikan peringatan visual secara real-time kepada pengguna dengan gangguan pendengaran di lingkungan lalu lintas Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi gap terkait kontekstualisasi dan adaptasi sistem deteksi suara terhadap kondisi lokal dengan dataset Publik yang didapatkan melalui Google Audioset serta menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk meningkatkan responsivitas dalam situasi darurat. Model CNN dipilih karena kemampuannya dalam mengenali pola suara yang kompleks dan filtrasi berbasis Mel Spectrogram yang ringan, membuatnya efektif dengan sumber daya terbatas. Dengan akurasi lebih dari 90% dalam kondisi bising yang bervariasi, algoritma ini diharapkan mampu mendeteksi suara sirene secara andal dan memberikan peringatan visual kepada pengguna dengan gangguan pendengaran. Selain itu, pengembangan lebih lanjut yang mencakup perluasan dataset suara sirene dari berbagai negara dan lingkungan diharapkan dapat meningkatkan ketepatan deteksi, sehingga menciptakan sistem yang lebih efektif untuk diterapkan secara luas.

1.2 Identifikasi Masalah

Sebagaimana yang telah dipaparkan oleh peneliti pada latar belakang sebelumnya, berikut ini identifikasi atau rumusan masalahnya:

1.2.1 Apakah dengan menggunakan MFCC, PCA, dan *Neural Network* dapat meningkatkan performa deteksi sirine ambulans berbasis audio?

1.3 Batasan Penelitian

Beberapa hal yang menjadi batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.3.1 Penelitian ini hanya fokus pada deteksi suara sirine ambulans menggunakan dataset rekaman suara sirine dengan variasi kebisingan rendah hingga sedang. Suara darurat lain, seperti sirine polisi atau pemadam kebakaran, serta kondisi ekstrem dengan kebisingan intens tidak termasuk dalam cakupan penelitian.

- 1.3.2 Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada Principal Component Analysis (PCA) untuk ekstraksi fitur dan Neural Network, khususnya Convolutional Neural Network (CNN), untuk klasifikasi suara. Metode lain di luar pendekatan ini tidak dianalisis atau dibandingkan.
- 1.3.3 Sistem yang dikembangkan diuji dalam lingkungan simulasi komputer dengan dataset yang tersedia, tanpa implementasi langsung pada perangkat keras atau pengujian di lingkungan nyata seperti kondisi lalu lintas dinamis.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah diatas, penelitian ini memiliki beberapa tujuan sebagai berikut:

- 1.4.1 Mengembangkan sistem deteksi suara sirine ambulans yang dapat mengenali pola suara sirine secara akurat menggunakan kombinasi Principal Component Analysis (PCA) dan Neural Network, khususnya Convolutional Neural Network (CNN).
- 1.4.2 Meningkatkan akurasi deteksi suara sirine meskipun dalam kondisi lingkungan yang bising, dengan memanfaatkan ekstraksi fitur Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) untuk mengoptimalkan identifikasi suara darurat.
- 1.4.3 Memberikan solusi untuk meningkatkan keselamatan dan aksesibilitas bagi individu dengan gangguan pendengaran atau kesulitan mendengar, melalui sistem yang dapat memberikan peringatan visual ketika suara sirine ambulans terdeteksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, berikut dapat dikemukakan beberapa manfaat dari penelitian ini, yaitu:

- 1.5.1 Penelitian ini bermanfaat dalam meningkatkan keselamatan lalu lintas dengan mendeteksi secara akurat keberadaan ambulans yang mendekat, sehingga pengemudi dapat merespons lebih cepat.