

IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL LAMPU LALU LINTAS BERDASARKAN SUARA SIRENE PADA ARDUINO

IMPLEMENTATION OF TRAFFIC LIGHT CONTROL SYSTEM BASED ON SIREN SOUND IN ARDUINO

Muhammad Harits Ibrahim¹, Iwan Iwut Tritoasmoro², Ledy Novamizanti³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

¹haritsibrahim@student.telkomuniversity.com, ²iwaniwut@telkomuniversity.ac.id,
³ledyaldn@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kemacetan merupakan hal yang sering terjadi pada kota-kota besar di Indonesia. Terlebih lagi pada persimpangan jalan, terjadi penumpukan kendaraan yang padat. Keadaan ini membuat jalanan menjadi terhambat, khususnya bagi kendaraan darurat seperti ambulans, mobil polisi, dan mobil pemadam kebakaran. Sehingga kendaraan darurat yang membutuhkan prioritas perlu adanya sistem kontrol lampu lalu lintas agar dapat mencapai lokasi tujuan dengan tepat waktu. Penelitian ini memanfaatkan suara sirene untuk mengatur sistem kontrol lampu lalu lintas.

Suara diproses melalui perangkat lunak pemrosesan sinyal dengan bantuan mikrofon. Pemrosesan sinyal suara menggunakan ekstraksi ciri MFCC (*Mel Frequency Cepstrum Coefficient*) dan *Euclidean Distance* untuk klasifikasinya. Apabila suara yang terdeteksi adalah suara sirene, maka sistem mengatur untuk memprioritaskan kendaraan darurat dengan memberi lampu hijau pada jalur yang dilewati. Arduino mengatur kerja lampu lalu lintas dan mengatur sistem kontrol lampu lalu lintas.

Sistem ini menggunakan jumlah data latih sebanyak 10 dan jumlah data uji sebanyak 6 dengan menggunakan suara sirene dari ambulans, mobil polisi, dan pemadam kebakaran. Suara non sirene juga digunakan dalam menguji akurasi sistem. Parameter terbaik yang didapatkan dengan menggunakan nilai *threshold* untuk energi sebesar 0.002, jumlah *frame* sebanyak 150 data per *frame*, koefisien ciri MFCC sebanyak 24, dan nilai *threshold* untuk *Euclidean distance* sebesar 1.2. Sistem dapat mendeteksi suara sirene dengan akurasi terbaik yaitu 93.33% dengan waktu komputasi rata rata selama 14 detik. Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk masing masing jalur lampu lalu lintas rata rata selama 23 detik sekali perioda.

Kata Kunci: lampu lalu lintas, suara sirene, sistem kontrol, MFCC, Euclidean Distance, Arduino.

Abstract

Congestion is a common thing in big cities in Indonesia. Moreover, at a crossroads, there is a buildup of solid vehicles. This situation has hampered the road, especially for emergency vehicles such as ambulances, police cars and fire trucks. So that emergency vehicles that require priority need a traffic light control system in order to reach the destination location on time. This research utilizes the sound of sirens to regulate traffic light control systems.

Sound is processed through signal processing software with the help of a microphone. Voice signal processing uses MFCC (*Mel Frequency Cepstrum Coefficient*) feature extraction and *Euclidean Distance* for its classification. If the sound detected is a siren sound, the system manages to prioritize emergency vehicles by giving a green light on the lane being passed. Arduino controls the work of traffic lights and controls the traffic light control system.

This system uses a total of 10 training data and a total of 6 test data using sirens from ambulances, police cars, and fire trucks. The best parameters obtained using the threshold value for energy is 0.002, the number of frames is 150 data per frame, the MFCC characteristic coefficient is 24, and the threshold value for *Euclidean distance* is 1.2. The system can detect

siren sounds with the best accuracy of 93.33% with an average computing time of 14 seconds. While the time required for each traffic light lane is average for 23 seconds once a period.

Keywords: traffic lights, siren sounds, control systems, MFCC, Euclidean Distance, Arduino.

1. Pendahuluan

Kemacetan lalu lintas menjadi hal yang wajar terutama kota besar di Indonesia. Tingkat kemacetan lalu lintas menjadi hal yang wajar terutama kota besar di Indonesia. Tingkat kemacetan yang tinggi terjadi pada jam-jam kerja. Mengutip situs resmi Inrix, masyarakat Indonesia rata-rata menghabiskan waktu sia-sia di jalan (terjebak macet) sampai 47 jam dalam satu tahun [1]. Ini akan menjadi masalah apabila terdapat kendaraan darurat yang melintas pada persimpangan yang segera menuju ke lokasi tujuan. Maka dari itu dibuat sistem kontrol lalu lintas untuk kendaraan darurat. Kendaraan darurat merupakan kendaraan yang dilengkapi dengan sirene dan lampu rotator darurat yang diberi hak khusus untuk menembus kemacetan lalu lintas. Contohnya seperti mobil ambulans, pemadam kebakaran, dan sebagainya. Sirene adalah sinyal khusus yang dibunyikan oleh sistem alarm atau kendaraan layanan darurat seperti pemadam kebakaran, mobil polisi dan ambulans. Saat kendaraan darurat bertugas, maka suara sirene dibunyikan untuk memperingatkan pengemudi lain untuk menepi memberikan jalan. Untuk mengatur sistem lalu lintas ini, Arduino digunakan sebagai mikrocontroller dan suara sirene dimanfaatkan untuk mengaktifkan kerja dari sistem ini.

Van-Thuan Tran, Yu-Cheng Yan, Wei-Ho Tsai mengidentifikasi metode untuk suara sirene di jalan. Kedua sistem *neural network* yang diperiksa dapat mengidentifikasi jenis suara sirene dari ambulans dan truk pemadam kebakaran. Hasil percobaan pertama dan kedua menunjukkan bahwa kemampuan identifikasi LSTM-RNN (*Long-Short Term Memory- Recurrent Neural Network*) lebih baik daripada *perceptron multilayer network*. Dari kedua metode tersebut, metode LSTM-RNN memiliki tingkat akurasi yang tinggi hingga 90%, sedangkan metode *perception multilayer network* memiliki tingkat akurasi 80% [2]. Agustín Soto Otálora, David Eduardo Clavijo Osorio and Nicolás Charry Moreno menyajikan analisis, studi, dan pengujian, yang dilakukan terhadap 4 metode berbeda yang digabungkan dari ekstraksi karakteristik dan identifikasi untuk menentukan metode yang memadai dan efektif untuk identifikasi sirene darurat (Polisi, Ambulans, dan lain-lain). Metode tersebut adalah Dari Cepstrum, MFCC (*Mel Frequency Cepstral Coefficients*), FFT (*Fast Fourier Transform*), memiliki akurasi 80%. *Spectrogram* sebagai alternatif untuk ekstraksi karakteristik sinyal untuk bekerja, memiliki tingkat akurasi 75% [3]. Sistem yang diusulkan Miss. P. Rohini Priya, Miss. Anju Joy Jose, Mrs. G. Sumathy memiliki solusi untuk sistem prioritas kendaraan darurat menggunakan *microcontroller PIC*. Namun pada penelitiannya hanya memaparkan sistem modelnya saja, tidak ada hasil pengujianya [4].

Pada penelitian ini menghasilkan sensor untuk mendeteksi suara sirene dari kendaraan darurat dengan menganalisis suara sirene terlebih dahulu. Proses analisis suara sirene dengan menggunakan metode MFCC dalam pengenalan suara sirene. Secara umum, MFCC digunakan sebagai parameter fitur fonologis dalam aplikasi pengenalan speaker [2]. MFCC terbukti handal dalam sistem pengenalan sinyal darurat. Suara sirene mengambil nilai koefisien MFCC sebagai ciri dari suara sirene. Klasifikasi suara menggunakan metode *Euclidean distance*. Untuk mengidentifikasi pembicara yang tidak dikenal, dapat dilakukan dengan mengukur jarak distorsi dua set vektor berdasarkan jarak minimalnya. Oleh karena itu, MFCC dipilih sebagai ekstraksi ciri dan *Euclidean distance* sebagai klasifikasi suara. Sistem kontrol lampu lalu lintas penelitian ini menggunakan Arduino. Suara yang diuji adalah suara sirene dari ambulans, mobil polisi, dan pemadam kebakaran.

2. Dasar Teori

2.1 Sirene Kendaraan Darurat

Sinyal sirene untuk ambulans dan pemadam kebakaran masing-masing dua nada pada frekuensi 392 Hz (Sol natural) dan 660 Hz (Mi natural) [5]. Suara harus berurutan tanpa gangguan dan tanpa tumpang tindih yang cukup. Durasi siklus lengkap adalah 3 detik. Antara siklus pertama dan siklus berikutnya mungkin ada jeda yang durasinya tidak boleh lebih dari 0.2 detik.

Untuk kendaraan polisi, nadanya sama-sama bersilangan pada frekuensi 466 Hz (La Diesis) dan 622 Hz (Re Diesis) [5]. Rentang frekuensi sirene untuk layanan kepolisian terkandung dalam rentang frekuensi untuk kendaraan darurat. Siklus mencakup nada pada 466 Hz tanpa gangguan dan

tanpa tumpang tindih yang cukup dari nada pada 622 Hz, diikuti oleh nada lain pada 466 Hz dan satu pada 622 Hz. Siklus harus berlangsung dalam waktu yang sama dengan 3 detik. Ini termasuk setiap interval antara kebisingan siklus lengkap dan berikutnya. Jeda tidak boleh melebihi periode 0.2 detik.

2.2 Short Time Energy (STE)

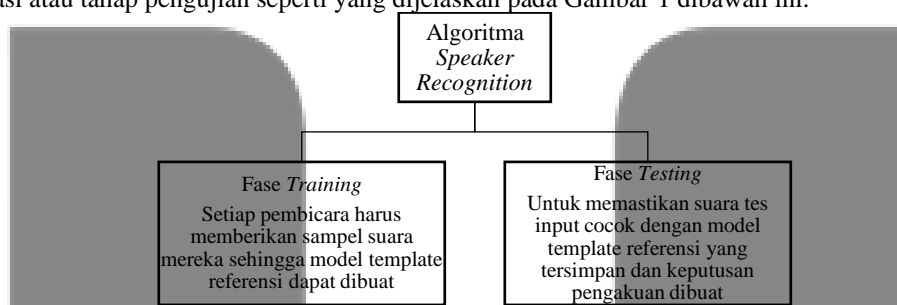
Short Time Energy adalah energi segmen suara pendek. STE adalah parameter klasifikasi sederhana dan efektif untuk segmen bersuara dan tidak bersuara [6]. Energi juga digunakan untuk mendeteksi titik akhir ucapan. Total Energi keseluruhan dalam interval waktu tertentu adalah sebagai berikut:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^N |x[k]|^2 \quad (1)$$

dimana E adalah energi, k adalah sampel ke- k , N adalah banyak sampel, $x[k]$ adalah banyak amplitudo sinyal sample ke- k . Dibawah ini merupakan contoh energi sinyal suara dari suara sirene.

2.3 Speaker Recognition

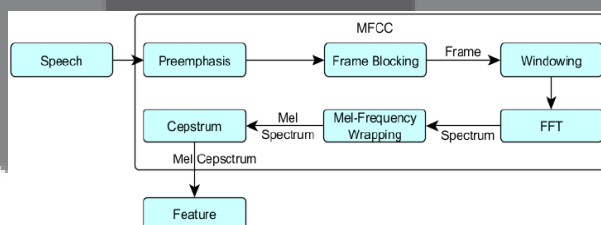
Analisis suara dilakukan setelah mengambil input melalui mikrofon dari pengguna. Desain sistem melibatkan manipulasi sinyal audio input. Pada level yang berbeda, operasi yang berbeda dilakukan pada sinyal input seperti *Pre-Emphasis*, *Framing*, *Windowing*, analisis Mel Cepstrum dan pencocokan (*matching*) dari suara yang masuk kedalam sistem [7]. Algoritma suara terdiri dari dua fase yang berbeda. Yang pertama adalah sesi pelatihan, sedangkan yang kedua disebut sebagai sesi operasi atau tahap pengujian seperti yang dijelaskan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Konsep Speaker Recognition.

2.4 Metode Mel Frequency Cepstrum Coefficient (MFCC)

Mel Frequency Cepstrum Coefficient (MFCC) adalah metode ekstraksi fitur sinyal suara. Ekstraksi fitur adalah proses penentuan nilai atau vektor yang dapat digunakan sebagai objek atau identitas individu [8]. Secara umum, MFCC digunakan sebagai parameter fitur fonologis dalam aplikasi pengenalan speaker [2]. Gambar 2 merupakan proses LPC untuk mendapatkan ekstraksi fitur dari MFCC.



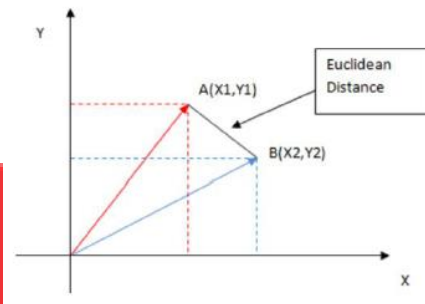
Gambar 2 Proses LPC [8].

Analisis suara dilakukan setelah mengambil input melalui mikrofon dari pengguna. Desain sistem melibatkan manipulasi sinyal audio input. Pada level yang berbeda, operasi yang berbeda dilakukan pada sinyal input seperti *pre-emphasis*, *framing*, *windowing*, analisis Mel Cepstrum dan pencocokan dari suara sirene.

2.5 Euclidean Distance

Pada tahap pengenalan speaker, suara speaker yang tidak diketahui diwakili oleh urutan vektor fitur $\{x_1, x_2 \dots x_i\}$, dan kemudian dibandingkan dengan codebook dari database. Untuk

mengidentifikasi speaker yang tidak dikenal, hal ini dapat dilakukan dengan mengukur jarak distorsi dua set vektor berdasarkan pada meminimalkan Euclidean Distance.



Gambar 3 Vektor Space 2 Dimensi.

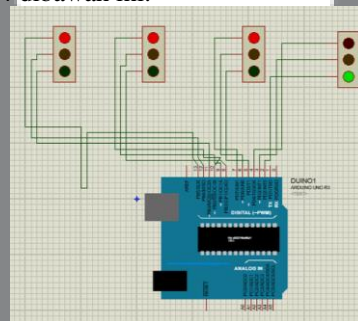
Pada Gambar 3 merupakan contoh dari suatu ruang vektor, dimana terdapat 2 vektor, yaitu vektor A dan vektor B. Untuk menghitung jarak antara vektor A dan vektor B digunakan persamaan *Euclidean distance*. Rumus yang digunakan untuk menghitung *Euclidean Distance* dapat didefinisikan sebagai berikut [9]:

$$d(i, j) = \sqrt{(|x_{i1} - x_{j1}|^2 + |x_{i2} - x_{j2}|^2 + \dots + |x_{ip} - x_{jp}|^2)} \quad (2)$$

Nilai *Euclidean distance* merupakan nilai kemiripan sinyal suara. Semakin mendekati nilai 0, semakin mirip sinyal suara tersebut.

2.6 Sistem Kontrol Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas dibuat menggunakan *Light Emitting Diode* (LED) dengan warna merah, kuning, dan hijau. Pengontrol mikro yang digunakan adalah Arduino UNO. Rangkaian dari lampu lalu lintas seperti pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4 Rangkaian Lampu Lalu Lintas.

Ketika sistem kontrol setuju untuk sirene, pengontrol mikro memeriksa apakah sistem diberi sinyal merah. Jika demikian, maka akan diubah menjadi hijau dan sinyal lainnya diubah menjadi merah. Jika sinyal sudah berwarna hijau, maka sinyal hijau dilanjutkan hingga kendaraan darurat melewati persimpangan. Pada saat yang sama tiga sinyal lainnya diubah menjadi merah [4].

3. Pembahasan

3.1 Diagram Blok Sistem

Tujuan dari sistem ini adalah untuk mengatur sistem kontrol lampu lalu lintas untuk memberikan prioritas kepada kendaraan darurat. Pada studi kali ini akan dijelaskan bagaimana sistem kerja lampu lalu lintas tersebut yang dikontrol berdasarkan suara dari sirene kendaraan darurat. Pada Gambar 5 merupakan diagram blok sistem secara spesifik.



Gambar 5 Blok Diagram Sistem.

Bagian masukan dimulai dari proses masukan suara melalui mikrofon yang disambungkan pada perangkat laptop atau *portable computer* (PC). Kemudian bagian proses dilakukan oleh perangkat lunak MATLAB sebagai proses pendeteksian suara tersebut. MATLAB mengidentifikasi

apakah suara yang masuk merupakan suara sirene atau non sirene. Pada bagian keluaran mengontrol kerja dari lampu lalu lintas. Kerja lampu lalu lintas dikontrol oleh pengontrol mikro yaitu Arduino. Arduino mengontrol kerja dari lampu lalu lintas sesuai dengan hasil proses yang dilakukan oleh MATLAB. Apabila sistem mendeteksi suara sirene, maka lampu lalu lintas memberikan prioritas pada kendaraan darurat.

3.2 Desain Sistem

Penelitian ini memanfaatkan *toolbox* pada MATLAB untuk pemrosesan dan membangkitkan dengan sinyal yang diterima. Untuk menerima perintah, mikrofon komputer harus digunakan. Setelah perintah diproses, itu kemudian dikirim ke Arduino untuk implementasi akhir yang mengaktifkan sistem kontrol lampu lalu lintas sesuai kondisi yang terjadi.

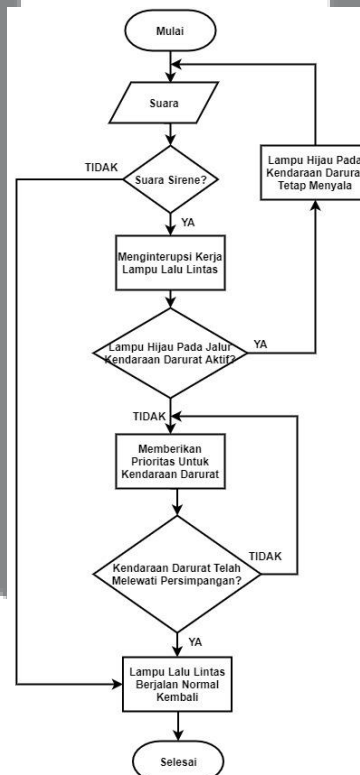


Gambar 6 Hubungan Diagram pada Sistem.

Gambar 6 menunjukkan bagaimana masing-masing komponen saling berhubungan satu sama lain. Dengan masukan suara sirene dari kendaraan darurat ke laptop dan diproses dari suara menjadi teks dan dikirim ke Arduino. Keluaran kemudian diimplementasikan pada lampu lalu lintas.

3.3 Cara Kerja Sistem

Sistem kontrol lampu lalu lintas dikontrol sedemikian rupa agar kendaraan darurat mendapat prioritas ketika melewati persimpangan. Cara kerja sistem kontrol lampu lalu lintas yang ditunjukkan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Diagram Alir Sistem.

Jika sistem mengidentifikasi suara masukan merupakan suara sirene, maka sistem akan mengecek lampu lalu lintas yang sedang berlangsung apakah lampu hijau atau bukan. Apabila lampu

hijau yang menyala, maka lampu lalu lintas akan dipertahankan sampai kendaraan darurat tersebut melewati persimpangan. Namun jika tidak, sistem akan memberi prioritas kepada kendaraan darurat dengan mengaktifkan lampu hijau pada jalur yang dilewati kendaraan darurat tersebut.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengujian dengan Kondisi Tidak Ada Suara

Sistem diuji pada kondisi tidak ada suara yang masuk kedalam sistem. Kondisi tidak ada suara adalah ketika suara yang masuk memiliki energi maksimum kurang dari *threshold* yang ditentukan, yaitu 0.002. Pada Gambar 8 dibawah ini menunjukkan durasi dari lampu lalu lintas per jalurnya.

```

Start Recording
Stop Recording

w =

    4.5674e-06

Tidak Ada Suara
Elapsed time is 22.698767 seconds.

```

Gambar 8 Sistem Kontrol Ketika Tidak Ada Suara.

Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui kondisi sistem kontrol lampu lalu lintas pada keadaan normal atau dalam artian tidak ada suara yang masuk kedalam sistem. Variabel *w* merupakan nilai energi maksimal yang terdeteksi oleh sistem. Nilai tersebut tidak mencapai *threshold* energi yang telah ditentukan, sehingga sistem tetap berjalan normal. Durasi dari masing masing jalur lampu lalu lintas dalam keadaan normal adalah selama 22.6798767 detik.

4.2. Hasil Pengujian dengan Suara Sirene

Sistem diuji pada kondisi suara sirene masuk kedalam sistem. Kondisi ini telah mencapai *threshold* energi yang telah ditentukan dan memenuhi *threshold* dari nilai *Euclidean distance* yang telah ditentukan yaitu 1.2.

Terdapat 2 kondisi pada pengujian ini, yang pertama ketika sistem deteksi diakhiri dengan tidak ada suara yang masuk kedalam sistem, dan yang kedua adalah ketika sistem deteksi diakhiri dengan suara non sirene. Pada Gambar 9 dan Gambar 10 dibawah ini menunjukkan proses sistem kontrol kondisi pertama dan kedua secara berurutan.

```

Start Recording
Stop Recording

Ada Suara
Suara Kendaraan Darurat

w =

    0.0123

speaker =

    '6.dat'

Ada Suara
Suara Kendaraan Darurat

speaker =

    '9.dat'

tampil =

    'Jarak Speaker : 0.64543'

Start Recording
Stop Recording

'Jarak Speaker : 0.84086'

Start Recording
Stop Recording

w =

    6.9422e-07

Tidak Ada Suara
Elapsed time is 66.852909 seconds.

```

Gambar 9 Sistem Kontrol Ketika Suara Sirene Terdeteksi Kondisi Pertama.

Berdasarkan Gambar 9 diatas, dapat diketahui proses sistem kontrol lampu lalu lintas ketika terdeteksi suara sirene pada kondisi pertama. Ketika sistem tidak mendeteksi suara yang masuk kedalam sistem, lampu lalu lintas akan berjalan normal Kembali. Pada Gambar 9 terjadi 2 deteksi suara sirene dan 1 tidak mendeteksi suara sirene. Durasi dari keseluruhannya adalah 66.852909 detik, jadi masing masing proses terjadi selama 22.2843 detik.

```

Start Recording          Ada Suara
Stop Recording          Suara Kendaraan Darurat

w =                      speaker =
                        0.0085      'S.dat'

Ada Suara
Suara Kendaraan Darurat  tampil =
                        'Jarak Speaker : 0.95149'
speaker =
                        'S.dat'
Start Recording
Stop Recording          w =
                        0.0304
tampil =
                        'Jarak Speaker : 1.0751'
Ada Suara
Start Recording          Bukan suara kendaraan darurat
Stop Recording          tampil =
                        'Jarak Speaker : 2.0814'
w =
                        0.0160
Elapsed time is 67.023480 seconds.

```

Gambar 10 Sistem Kontrol Ketika Terdeteksi Suara Sirene Kondisi Kedua.

Berdasarkan Gambar 10 diatas, dapat diketahui proses sistem kontrol lampu lalu lintas ketika terdeteksi suara sirene pada kondisi kedua. Ketika sistem mendeteksi suara non sirene, lampu lalu lintas akan berjalan normal kembali. Pada Gambar 10 terjadi 2 deteksi suara sirene dan 1 deteksi suara non sirene. Durasi dari keseluruhannya adalah 67.023480 detik, jadi masing masing proses terjadi selama 22.3412 detik.

4.3. Hasil Pengujian dengan Suara Non Sirene

Sistem diuji pada kondisi suara non sirene masuk kedalam sistem. Kondisi ini telah mencapai *threshold* energi yang telah ditentukan, namun tidak memenuhi *threshold* dari nilai *Euclidean distance*. Pada Gambar 11 dibawah ini menunjukkan proses sistem kontrol ketika suara non sirene terdeteksi oleh sistem.

```

Start Recording
Stop Recording

w =
                        0.0290

Ada Suara
Bukan suara kendaraan darurat

tampil =
                        'Jarak Speaker : 2.9832'

Elapsed time is 23.025695 seconds.

```

Gambar 11 Proses Sistem Kontrol Ketika Suara Non Sirene Terdeteksi.

Berdasarkan Gambar 11 diatas, dapat diketahui kondisi sistem kontrol ketika suara non sirene terdeteksi. Nilai energi yang terdeteksi telah mencapai *threshold* yang telah ditentukan, namun nilai dari *Euclidean distance* tidak memenuhi dari *threshold* yang telah ditentukan. Sehingga sistem tetap berjalan normal seperti ketika sistem tidak mendeteksi suara yang masuk kedalam sistem. Durasi dari satu jalur lampu lalu lintas ketika mendeteksi suara sirene selama 23.025695 detik, sama seperti kondisi ketika tidak ada suara yan masuk kedalam sistem.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini, telah dirancang suatu sistem kontrol lampu lalu lintas berdasarkan suara sirene menggunakan Arduino UNO. Sistem deteksi suara sirene menggunakan ekstraksi ciri MFCC, dan Euclidean distance sebagai klasifikasinya. Hasil akurasi sistem hingga 93.33% dengan waktu komputasi rata rata selama 14 detik. Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk masing masing jalur lampu lalu lintas rata rata selama 23 detik sekali periode.

5.2 Saran

Berikut ini adalah beberapa saran yang diberikan untuk pengembangan sistem kontrol lampu lalu lintas:

1. Sistem dijalankan pada *microcontroller* lain, misalnya pada Raspberry Pi.
2. Mendapatkan waktu komputasi deteksi suara sirene kurang dari 14 detik dengan menggunakan model deteksi yang berbeda.

Daftar Pustaka

- [1] G. Muhammad Nayazri, "Indonesia merupakan Negara Termacet Kedua Dunia," 2017. [Online]. Available: <https://otomotif.kompas.com>. [Accessed on 20 September 2019, 22:00:00 WIB].
- [2] Van-Thuan Tran, Yu-Cheng Yan, and Wei-Ho Tsai, "Detection of Ambulance and Fire Truck Siren Sounds Using Neural Networks," Proceedings of 51st Research World International Conference, July 2018.
- [3] A. Soto Otálora, D. Eduardo Clavijo Osorio, and N. Charry M, "Methods For Extraction of Features and Discrimination of Emergency Sirens," ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 12, no. 5, MARCH 2017.
- [4] P.Rohini Priya, A. Joy Jose, and G.Sumathy, "Traffic Light Pre-emption control System for Emergency Vehicles," SSRG International Journal of Electronics and Communication Engineering (SSRG-IJECE), vol. 2, Feb 2015.
- [5] F. Meucci, et al., "A Real-Time Siren Detector to Improve Safety of Guide in Traffic Environment," 16th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2008), Aug. 2008.
- [6] Jalil, Madiha, Faran Awais Butt, and Ahmed Malik. "Short-Time Energy, Magnitude, Zero Crossing Rate and Autocorrelation Measurement for Discriminating Voiced and Unvoiced Segments of Speech Signals." 2013 The International Conference on Technological Advances in Electrical, Electronics and Computer Engineering (TAECE). IEEE, 2013.
- [7] Lindsalwa Muda, Mumtaj Begam, and I. Elamvazuthi, "Voice Recognition Algorithms using Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) and Dynamic Time Warping (DTW) Techniques," Journal of Computing, vol.2, issue. 3, March 2010.
- [8] D Anggraeni1, W S Sanjaya, and M Munawwaroh, "The Implementation of Speech Recognition using Mel- Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) and Support Vector Machine (SVM) method based on Python to Control Robot Arm," The 2nd Annual Applied Science and Engineering Conference (AASEC 2017), vol.1, 2017.
- [9] Akanksha Singh Thakur, Namrata Sahayam. (2013, March.). "Speech Recognition Using Euclidean Distance". International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. [On-line]. vol. 3(3), pp. 587-590. Available: www.ijetae.com [Jan. 22, 2017].
- [10] I. Ikhsan, L. Novamizanti, I.N.A. Ramatryana, Automatic musical genre classification of audio using Hidden Markov Model, 2nd International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), 2014.
- [11] A. L. Prasasti, L. Novamizanti, and M. I. Razik, 'Identification of baby cry with Discrete Wavelet Transform, Mel Frequency Cepstral Coefficient and Principal Component Analysis', J. Phys. Conf. Ser., vol. 1367, no. 1, 2019. Available from: [doi:10.1088/1742-6596/1367/1/012061](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1367/1/012061)