

KLASIFIKASI SUARA SIRENE MENGGUNAKAN STFT (*SHORT-TERM FOURIER TRANSFORM*)

Muchamad Fajar Permana¹, Farrady Alif F.², Diah Arie W.K.³

¹Prodi Teknik, Elektro Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri-Kediri

Jl. Sersan Suharmadji No.38 Kediri. Telp. (0354) 684651-683243, e-mail: fadjarpermana6@gmail.com

²Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri-Kediri

Jl. Sersan Suharmadji No.38 Kediri. Telp. (0354) 684651-683243, e-mail: farradyalif@uniska-kediri.ac.id

³Prodi Teknik, Elektro Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri-Kediri

Jl. Sersan Suharmadji No.38 Kediri. Telp. (0354) 684651-683243, e-mail: diahariwk@uniska-kediri.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received : 5 – Sept - 2022

Received in revised form : 14 – Sept - 2022

Accepted : 6 – October - 2022

Available online : 6 – October- 2022

ABSTRACT

Siren is a device that is able to produce a loud buzzing sound, used as a danger sign and so on. Sirens are used in emergency vehicles such as for *ambulances*, police cars and fire trucks. In addition, sirens are also used as an alarm disaster. The sound of sirens in emergency vehicles also has different sounds depending on their use and application. In this research, siren sound data was processed using the STFT algorithm and classified using artificial neural networks. The process of siren data processing has a result that the highest maximum *amplitude* value is 0.29(-11dB) at a frequency of 800Hz belongs to the *ambulance*'s siren mode wail2. While the lowest maximum *amplitude* value is 0.03(-30dB) at a frequency of 1.3KHz belongs to the fire truck's siren. The data learning process produces the smallest MSE value of 0.0000066218 at the 1000th epoch. And then from the trial of the data training process for matching emergency vehicle sirens, generated from the data training amounted to 640 data points, there were siren data totaling 630 successful and 10 failed. The results of the trial had a high percentage of success as expected at 98.44%.

Keywords: siren, STFT, artificial neural network.

Abstrak

Sirene merupakan sebuah alat yang mampu menghasilkan bunyi yang mendengung keras, digunakan sebagai tanda bahaya dan sebagainya. Sirene dipergunakan pada kendaraan darurat seperti untuk *ambulance*, polisi dan pemadam kebakaran.. Selain itu sirene juga digunakan untuk alarm suatu bencana. Suara sirene pada kendaraan darurat juga memiliki bunyi yang berbeda-beda tergantung pada penggunaan dan penerapannya. Dalam penelitian ini data suara sirene diolah menggunakan algoritma STFT dan diklasifikasikan dengan menggunakan *artificial neural network*. Proses pengolahan data sirene menghasilkan bahwa nilai *amplitude* maksimal tertinggi sebesar 0,29(-11dB) pada frekuensi 800Hz milik sirene *ambulance* mode wail2. Sedangkan nilai *amplitude* maksimal terendah sebesar 0,03(-30dB) pada frekuensi 1,3KHz milik sirene kendaraan pemadam kebakaran. Proses learning data menghasilkan nilai MSE terkecil sebesar 0,0000066218 pada *epoch* ke 1000. Kemudian dari uji coba proses *training* data untuk pencocokan sirene kendaraan darurat, dihasilkan dari data yang di-*training* berjumlah 640 data, terdapat data sirene yang berjumlah 630 berhasil dan 10 gagal. Hasil uji coba memiliki persentase keberhasilan yang tinggi sesuai yang diharapkan yaitu sebesar 98,44%.

Kata Kunci: sirene, STFT, *artificial neural network*.

Received 5 September - 2022; Accepted 6 October - 2022

1. PENDAHULUAN

Sirene merupakan sebuah alat yang mampu menghasilkan bunyi yang mendengung keras, digunakan sebagai tanda bahaya dan sebagainya. Selain itu sirene juga dipergunakan pada kendaraan darurat seperti untuk *ambulance*, mobil polisi dan mobil pemadam kebakaran. Di Indonesia penggunaan sirene pada kendaraan darurat diatur dalam Undang-undang Nomor 22 tahun 2009 pasal 135 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan ayat satu 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”. [1] 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.

Oleh karena itu dalam penelitian kali ini penulis ingin melakukan penelitian tentang suara sirene untuk kendaraan darurat dengan cara mengklasifikasikan suara-suara dari sirene tersebut dengan menggunakan algoritma STFT. Penelitian ini dirasa cukup penting untuk dilakukan karena dengan adanya penelitian ini nantinya akan menjelaskan lebih rinci dan menghasilkan beberapa data-data ilmiah mengenai suara sirene kendaraan darurat dan juga sirene bencana yang diharapkan bisa menjadi acuan untuk membedakan atau mengklasifikasikan suara sirene dari kendaraan darurat dan bencana berdasarkan suara sirene yang dihasilkan dari masing-masing kendaraan darurat atau dari sebuah tower peringatan bencana.

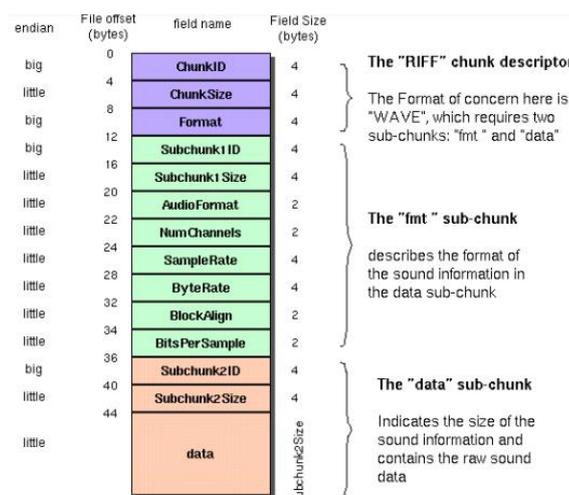
2. DASAR TEORI

2.1. Sirene

sirene/si·re·ne/ /siréne/ n dalam KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) memiliki pengertian yaitu sebuah alat untuk menghasilkan bunyi yang mendengung keras (sebagai tanda bahaya dan sebagainya). Pada umumnya sirene terdiri dari dua nada yaitu nada tinggi dan rendah. Suara sirene bervariasi tergantung pada frekuensi generator/*amplifier* suara sirene, waktu dan perubahan frekuensi. Secara umum, sirene terdiri dari dua frekuensi dan durasi dan frekuensi tertentu berubah. Frekuensi terendah sirene adalah 300Hz dan frekuensi tertinggi untuk sirene adalah 1500Hz. [2]

2.2. Wav

Waveform Audio File Format (WAVE, atau lebih dikenal sebagai WAV dikarenakan ekstensi *file*-nya) merupakan file format standar untuk penyimpanan audio digital pada PC. Format ini dikembangkan oleh *Microsoft* dan *IBM*. [3] WAV adalah bentuk format file yang fleksibel untuk menyimpan semua kombinasi audio baik *rates* maupun *bitrates*. [4] File WAVE dapat menampung audio dalam bentuk termampatkan/terkompresi. Namun, umumnya file WAVE menyimpan audio yang tidak terkompresi. Format penyimpanan audio tidak terkompresi ini menggunakan pengkodean *PCM*. *PCM* (*Pulse Code Modulation*) merupakan representasi digital dari suatu sinyal analog. *PCM* menyimpan sampel dalam keadaan tidak terkompresi (mentah). Struktur file format WAVE *PCM* ini dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 struktur file format *wav PCM* (Isa Kurniawan, 2013)

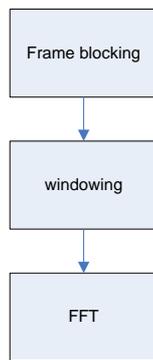
2.3. *Numpy*

Numpy adalah sebuah *library python* dalam pengolahan data pada *array* dan matriks multidimensi yang besar. *Numpy* menyediakan beberapa fungsi matematika, seperti aljabar linear, transformasi fourier, pembuatan angka secara acak, dan lainnya. *Numpy* juga merupakan *open source library* sehingga banyak digunakan dalam penelitian.[5]

2.4. Algoritma STFT

STFT atau Transformasi Fourier Waktu Singkat adalah suatu metode yang digunakan untuk mendapatkan karakteristik frekuensi dari suatu sinyal. STFT merupakan algoritma transformasi pengembangan dari FFT (*Fast Fourier Transform*) untuk mentransformasikan sinyal non-stationer (sinyal bergerak). Algoritma STFT akan mencuplik sinyal masukan dalam rentang waktu t tertentu. Sinyal masukan awal masih dalam domain frekuensi. Sinyal hasil cuplikan tersebut akan menempati domain waktu dan frekuensi. Untuk pencuplikan sinyal, STFT menggunakan fungsi window dengan lebar window (T) sesuai dengan sinyal hasil cuplikan. Fungsi window diletakkan pada sinyal yang pertama untuk tiap frekuensi yang berbeda.[6] Dalam praktiknya, prosedur untuk menghitung STFT adalah membagi sinyal waktu yang lebih panjang menjadi segmen yang lebih pendek dengan panjang yang sama dan kemudian menghitung transformasi Fourier secara terpisah pada setiap segmen yang lebih pendek. Ini mengungkapkan spektrum Fourier pada setiap segmen yang lebih pendek. Algoritma STFT memiliki persamaan matematika sebagai berikut :

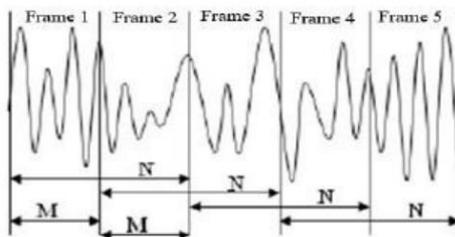
$$X(\omega) = F[x(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt \dots\dots\dots(1)$$



Gambar 1. Diagram blok algoritma STFT

a. *Frame blocking*

Frame blocking adalah sebuah proses pada tahapan sinyal yang telah direkam dan diakuisisi, sinyal suara yang telah diakuisisi kemudian dibagi menjadi beberapa *frame* yang mana nantinya bisa memudahkan dalam perhitungan dan analisa suara, setiap potongan-potongan dari keseluruhan sinyal suara tersebut disebut *frame*. Satu *frame* dari sebuah sinyal suara terdiri dari beberapa sampel tergantung pada tiap berapa detik suara akan disampel dan berapa besar frekuensi samplingnya.



Gambar 2. visualisasi proses frame blocking. (Luluk farkhiah,2015)

b. *Windowing*

Hasil dari proses *frame blocking* menghasilkan efek sinyal *discontinue*, agar tidak terjadi kesalahan data pada proses *fourier transform* maka sampel suara yang telah dibagi menjadi beberapa *frame* perlu dijadikan sinyal *continue* dengan menggunakan proses *windowing*. Tahap *windowing*

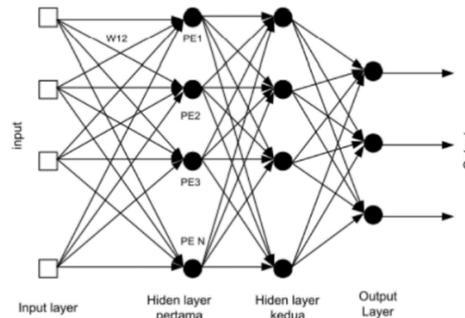
ini, yaitu mengalikan setiap *sample* di dalam *frame* dengan sebuah fungsi *window* untuk mengurangi efek diskontinuitas atau kesenjangan pada bagian awal dan akhir setiap *frame*. [7]

c. FFT

Setelah sebelumnya proses *windowing* menghasilkan spektrum suara dalam domain waktu, sedangkan proses FFT mengubah spektrum yang awal mulanya dari domain waktu menjadi sinyal frekuensi dengan menggunakan proses *Fast Fourier Transform*. FFT sendiri adalah salah satu metode yang digunakan untuk transformasi sinyal suara dalam domain waktu menjadi sinyal sura dalam domain waktu-frekuensi.

2.5. Artificial neural network : Multi Layer Perceptron

Artificial neural network atau Jaringan syaraf tiruan adalah suatu pemrosesan informasi sistem. Pada umumnya *artificial neural network* bisa dianggap sebagai sistem kotak hitam yang menerima *input* dari sebuah lingkungan dan menghasilkan *output*. Dalam *artificial neural network* mengandung elemen pemrosesan dan pembobotan yang saling terhubung anantara satu dengan lain. Tiap lapisan dalam *neuron* diisi oleh kelompok elemen pemrosesan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Setiap elemen pemrosesan mengumpulkan nilai dari seluruh *input* yang terkoneksi ke elemen pemrosesan dan menghasilkan *output* via operasi matematika (perkalian operasi). Terdapat tiga lapisan yang membangun sebuah *artificial neural network*, yaitu lapisan *input*, lapisan *hidden*, dan lapisan *output*. [8]



Gambar 3. Multi Layer Perceptron Artificial neural networks (bahan ajar kendali cerdas)

Multi layer peceptron artificial neural network memiliki persamaan sebagai berikut:

$$O_j = \sigma \left(\sum_{k=1}^K x_k w_{k,j} + \beta_j \right) \dots \dots \dots (2)$$

$$v_i = \sigma \left(\sum_{j=1}^J 0_j u_{j,i} + \beta_j \right) = \sigma \left(\sum_{j=i}^J \sigma \left(\sum_{k=1}^K x_k w_{k,j} + \beta_j \right) u_{j,i} + \gamma_i \right) \dots \dots \dots (3)$$

Persamaan 2 dan 3 untuk menghitung *output* pada *layer* yang berbeda. u, ω adalah *learning parameters*. β, γ melambangkan noise atau bias. K adalah banyaknya *input units* dan J adalah banyaknya *hidden units*. Persamaan 2.3 dapat disederhanakan penulisannya sebagai persamaan 4. Pada persamaan 4 σ melambangkan fungsi aktivasi.

$$v = \sigma(oU + \gamma) = \sigma(\sigma(xW + \beta)U + \gamma) \dots \dots \dots (4)$$

Terdapat dua proses pembelajaran pada *artificial neural network* yaitu *feed forward* dan *back propagation*. *Feed forward* dimulai dari lapisan *Input* menerima masukan (tanpa melakukan operasi apapun), lalu nilai masukan (tanpa dilewatkan ke fungsi aktivasi) diberikan ke *lapisan hidden*. Pada lapisan *hidden*, nilai masukan diproses dan dilakukan perhitungan hasil fungsi aktivasi untuk tiap-tiap jaringan, kemudian hasil perhitungan tersebut diberikan ke *layer* berikutnya. Hasil keluaran dari *input layer* akan diterima sebagai masukan bagi *hidden layer*. Begitupula seterusnya *hidden layer* akan mengirimkan hasilnya untuk *output layer*. Sementara *back propagation* dimulai dari memperbaiki *parameter synapse weights* secara bertahap dari *output* ke *input layer* berdasarkan *error/loss* (*output* dibandingkan dengan *desired output*). intinya proses pembelajaran *back propagation* melakukan pengkoreksian *synapse weight* dimulai dari *output layer* ke *hidden layer*, kemudian *error* tersebut dipropagasi mundur ke *layer* sebelum-sebelumnya. Perubahan dari *synapse weight* pada sebuah *layer* dipengaruhi oleh perubahan *synapse weight* pada *layer* setelahnya. [9]

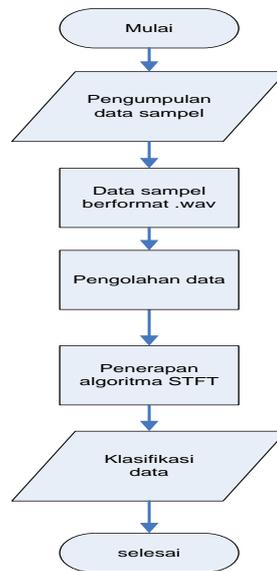
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis dan metode penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah *experimental research* atau penelitian eksperimen yaitu penelitian yang berusaha mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lain dengan kontrol yang ketat. Penelitian eksperimen menggunakan suatu percobaan yang dirancang secara khusus guna membangkitkan data yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Penelitian eksperimen ini merupakan metode inti dari model penelitian yang menggunakan pendekatan kuantitatif yang mana pada penelitian tersebut datanya dinyatakan dalam angka dan dianalisis dengan teknik statistik. Penelitian ini bertujuan untuk membuat pengklasifikasian antara suara-suara sirene pada kendaraan darurat dengan pemrosesan audio secara digital menggunakan algoritma STFT dan *artificial neural network*.

3.2. Perancangan sistem

Perancangan sistem merupakan urutan langkah-langkah yang digunakan dalam membuat sistem. Proses ini digunakan untuk mendesain sistem yang terstruktur untuk pengklasifikasian suara sirene pada kendaraan darurat.



Gambar 4. Diagram alir perancangan sistem

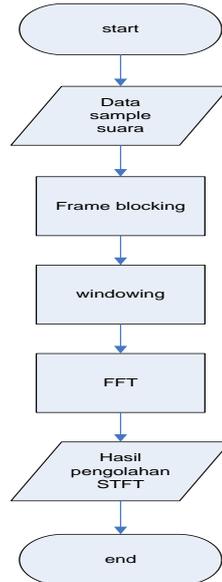
Pada Gambar 4 menunjukkan alur dari perancangan sistem. Data sampel suara dari kendaraan darurat dikumpulkan untuk setiap jenis masing-masing kendaraan darurat. Kemudian memastikan data sampel suara yang telah dikumpulkan memiliki atau berformat *.wav* untuk setiap *file* suaranya agar mempermudah proses pengolahan datanya. Lalu data sampel suara yang sudah berformat *wav* tersebut diolah menggunakan algoritma STFT. Kemudian hasil pengolahan data menggunakan algoritma STFT tersebut diklasifikasikan dengan metode *artificial neural network* atau jaringan syaraf tiruan berdasarkan parameter-parameter yang ditentukan yakni frekuensi, *amplitude* dan pola sinyal suaranya untuk membedakan atau mengklasifikasikan jenis-jenis suara sirene pada kendaraan darurat yang dihasilkan.

3.3. Implementasi metode

Proses implementasi metode untuk “Klasifikasi suara sirene menggunakan STFT (*short term fourier transform*)”, dibagi menjadi beberapa tahapan berikut:

3.3.1. Algoritma STFT

Pada Proses implementasi Algoritma STFT, dilakukan transformasi representasi sinyal suara sirene dari domain waktu ke domain waktu-frekuensi seperti pada diagram alir berikut:

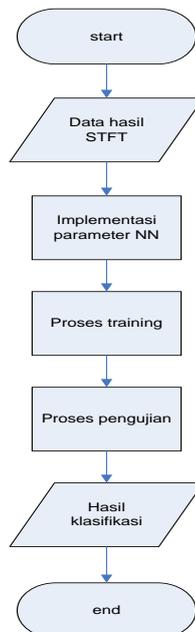


Gambar 5. diagram alir implementasi STFT

Setelah Data sampel suara sirene terkumpul lalu masuk ke tahap *frame blocking*, yaitu *sample* suara sirene tersebut dipotong berdasarkan pola sinyal suara yang dihasilkan dengan durasi terpendek. Kemudian potongan pola sinyal suara terpendek tersebut dikalikan dengan nilai *sample rate* sebesar 44,1KHz untuk mengetahui jumlah sampelnya. Setelah jumlah sampel diketahui, lalu menentukan batas bawah dan batas atas nilai frekuensi yang nantinya akan menjadi acuan untuk penerapan *fast fourier transform*. Nilai batas bawah frekuensi dalam penelitian ini ditetapkan sebesar 300Hz diperoleh dari 27 dibagi jumlah data sampel kemudian dikali dengan frekuensi *sample rate*. Sedangkan batas atas frekuensinya ditetapkan sebesar 1,8KHz yang diperoleh dari 167 dibagi jumlah data sampel kemudian dikali dengan frekuensi *sample rate*.

3.3.2. Klasifikasi Artificial Neural Network

Untuk proses klasifikasi *artificial neural network* direpresentasikan seperti diagram alir berikut :



Gambar 6. diagram alir proses artificial neural network

Artificial neural network dapat dianalogikan sebagaimana halnya manusia belajar dengan menggunakan contoh atau yang disebut sebagai supervised learning. Sebuah *Artificial neural network* dikonfigurasi untuk aplikasi tertentu, seperti pengenalan pola atau klasifikasi data, dan kemudian disempurnakan melalui proses pembelajaran. Proses belajar yang terjadi dalam sistem biologis melibatkan penyesuaian koneksi sinaptik yang ada antara *neuron*, pada *Artificial neural network* penyesuaian koneksi sinaptik antar *neuron* dilakukan dengan menyesuaikan nilai bobot yang ada pada tiap konektivitas baik dari *input*, *neuron* maupun *output*. *Artificial neural network* terdiri dari sejumlah besar elemen pemrosesan yang saling terhubung dan bekerja secara paralel untuk memecahkan suatu masalah tertentu.

Prosedur pembelajaran untuk neural network yaitu menghitung setiap node pada lapisan 1 yang dimana menggunakan persamaan $V_h^{(1)} = \sum_{n=0}^N x_n w_{hn}$. Dengan demikian sehingga mampu dihitung nilai fungsi aktivasi pada setiap node pada lapisan 1 sampai dengan yang ditentukan, dengan persamaan $y_h^{(1)} = f(v_h^{(n)})$. Menghitung *error* pada setiap node pada lapisan ke n dimana dengan persamaan $e_m^{(n)} = d_m - y_m^{(n)}$. Selanjutnya menghitung nilai MSE menggunakan persamaan $MSE = \frac{1}{2} \sum_{m=0}^M (e_m^{(n)})^2$. Akan tetapi dapat dihentikan pada proses ini jika minimum yang telah ditentukan atau iterasi lebih dari iterasi maksimal. Proses tersebut dinamakan dengan proses propagasi maju. Dimana pada proses tersebut merupakan proses distribusi *error* dari lapisan terakhir hingga pada lapisan pertama dimana menggunakan perhitungan dengan persamaan $\sum_{m=0}^M e_p^{(n)} w_{ph}$. Setelah proses selesai maka dapat dilakukan

pembaharuan pembobot setiap *layer* dengan persamaan $w_n = w_n + \mu e_i^{(n)} y_i^{(n_0)} g(y_i^{(n)})$. Akan dihitung kembali nilai keluaran dan *error* jaringan, dan mengulangi pebaruan nilai setiap pembobot. Hingga nilai *error* lebih kecil dari nilai *error* minimum atau jumlah iterasi memenuhi nilai maksimumnya.

Arsitektur yang digunakan 140 node pada *input layer*, 3 node pada *hidden layer*, dan 7 node pada *output layer*. (7 node *output* tersebut menyatakan jumlah jenis sirene keseluruhan), 140 berasal dari 7 x 20, 7 jumlah jenis sirene antar *layer* (*ambulance1*, *ambulance2*, *ambulance3*, *ambulance4*, polisi, damkar, bencana), dan 20 diperoleh dari jumlah frekuensi dalam satu data sampel. Maka demikian lah untuk cara proses klasifikasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

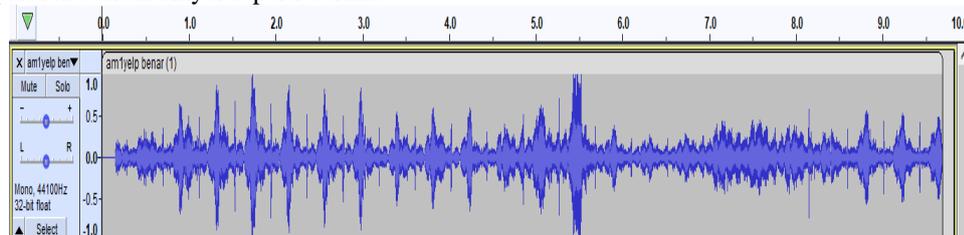
4.1 Hasil dan pembahasan data suara sirene

Data yang akan diolah yakni data sampel dan data uji terdiri dari rekaman suara sirene *ambulance*, polisi, pemadam kebakaran dan bencana dalam bentuk *folder*. Kemudian, setiap *folder* dari data sampel masing-masing mempunyai 10 *file* data audio digital benar dan salah, memiliki durasi 10 detik yang berekstensi *.wav* dan mempunyai *sample rate* 44,1 KHz. Apabila dilihat dari bentuk sinyal yang dihasilkan dari beberapa sampel suara sirene yang telah dikumpulkan, dapat dikatakan bahwa bentuk atau pola sinyal yang dihasilkan berbeda-beda antara satu dengan yang lainnya.

4.1.1. Suara Sirene *Ambulance*

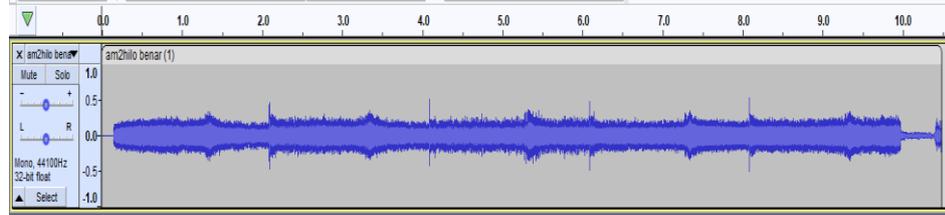
Suara sirene *ambulance* memiliki beberapa mode untuk setiap jenis penggunaannya, yaitu *yelp*, *Hi-lo*, *wail 1* dan *wail 2*.

- Mode *Yelp*** pada suara sirene *ambulance* menandakan atau digunakan ketika *ambulance* tersebut sedang membawa pasien yang tidak darurat. Apabila dilihat melalui aplikasi *audacity* dapat diperoleh bentuk sinyal seperti berikut.



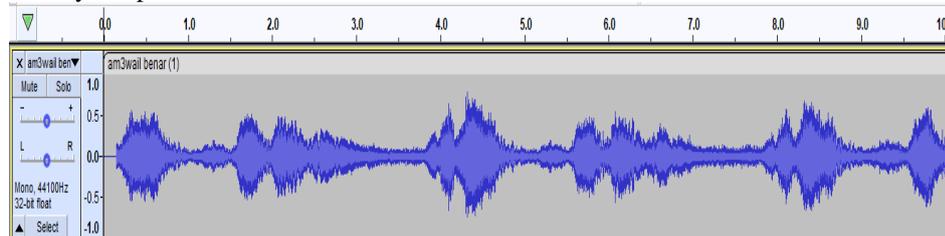
Gambar 7. Bentuk sinyal sirene *ambulance yelp*

- b. **Mode hi-lo** pada suara sirene *ambulance* menandakan atau digunakan ketika *ambulance* tersebut sedang menjemput pasien. Apabila dilihat melalui aplikasi *audacity* dapat diperoleh bentuk sinyal seperti berikut.



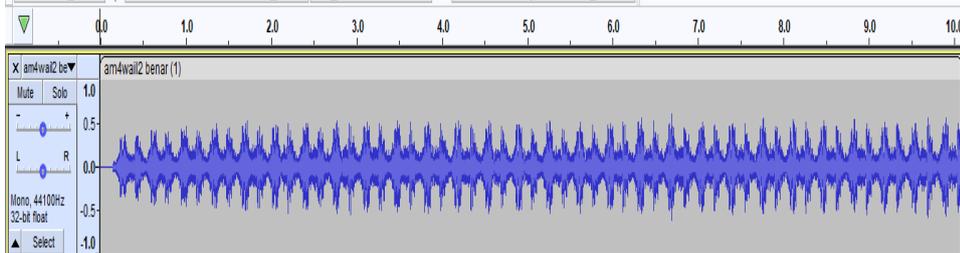
Gambar 8. Bentuk sinyal sirene *ambulance* hi-lo

- c. **Mode wail 1** pada suara sirene *ambulance* menandakan atau digunakan ketika *ambulance* tersebut sedang membawa jenazah. Apabila dilihat melalui aplikasi *audacity* dapat diperoleh bentuk sinyal seperti berikut.



Gambar 9 Bentuk sinyal sirene *ambulance* wail 1

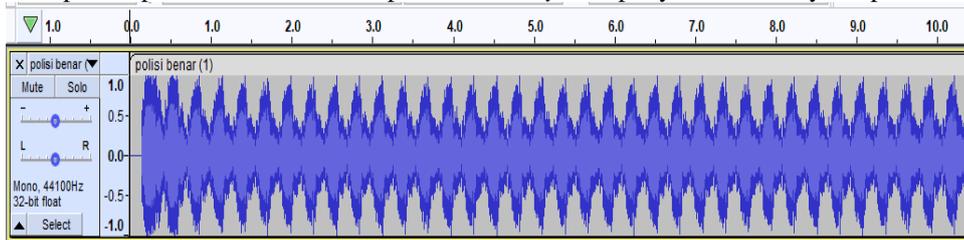
- d. **Mode wail 2** pada suara sirene *ambulance* menandakan atau digunakan ketika *ambulance* tersebut sedang membawa pasien yang sedang dalam kondisi gawat darurat. Apabila dilihat melalui aplikasi *audacity* dapat diperoleh bentuk sinyal seperti berikut.



Gambar 10. Bentuk sinyal sirene *ambulance* wail 2

4.1.2. Suara Sirene Polisi

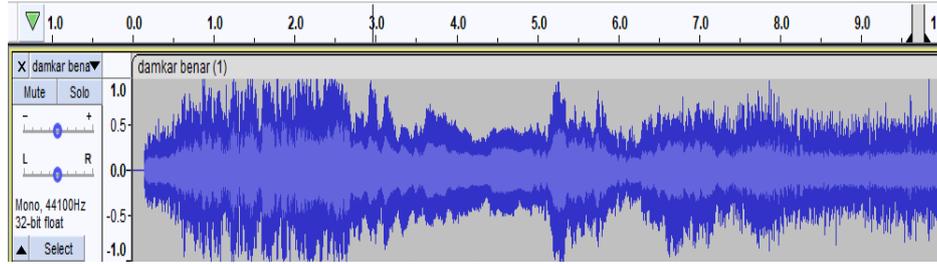
Suara sirene polisi apabila dilihat melalui aplikasi *audacity* mempunyai bentuk sinyal seperti berikut.



Gambar 11. Bentuk sinyal sirene polisi

4.1.3. Suara Sirene Pemadam Kebakaran

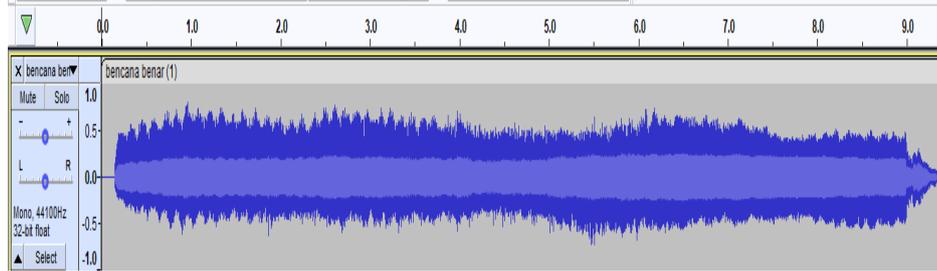
Suara sirene pemadam kebakaran apabila dilihat melalui aplikasi *audacity* mempunyai bentuk sinyal seperti berikut.



Gambar 12. Bentuk sinyal sirene pemadam kebakaran

4.1.4. Suara Sirene Bencana

Suara sirene bencana apabila dilihat melalui aplikasi *audacity* mempunyai bentuk sinyal seperti berikut.



Gambar 13. Bentuk sinyal sirene bencana

4.2 Hasil dan pembahasan Pengolahan data suara sirene

Dalam tahapan ini setelah data terkumpul dan diketahui bentuk sinyal, Lalu menentukan segmentasi terkecil dari beberapa data pola sinyal suara sirene yang sudah dikumpulkan. setelah ditentukan segmentasi terkecil dari sinyal suara sirene kemudian data sinyal digital tersebut diolah secara komputasi dengan menggunakan Bahasa pemrograman *python*, *library* yang digunakan yaitu *numpy* untuk pengolahan data dan *wave* digunakan untuk membaca *file* berformat *.wav*. Setiap jenis sirene pada kendaraan darurat mempunyai pola suara yang berbeda dan pola suara tersebut berulang-ulang. Durasi pola suara dari suara sirene juga berbeda antara satu dengan lainnya. Tabel 1 menunjukkan rincian durasi pola suara dari masing-masing data suara sirene *ambulance*, polisi, pemadam kebakaran dan bencana.

Tabel 1. Durasi pola suara sirene

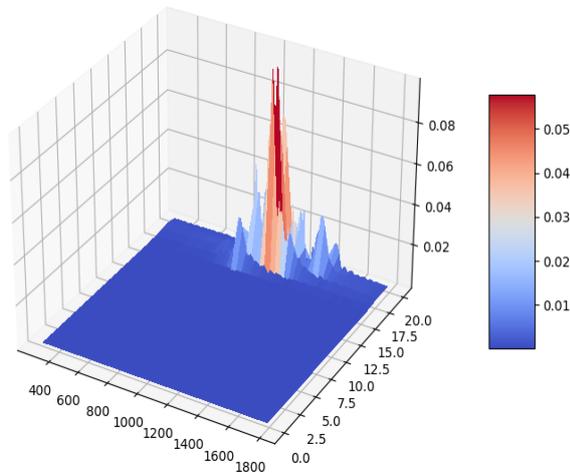
No	Jenis suara sirene	Durasi
1	<i>Ambulance yelp</i>	0,162 detik
2	<i>Ambulance Hi-lo</i>	1,716 detik
3	<i>Ambulance wail 1</i>	1,672 detik
4	<i>Ambulance wail 2</i>	0,127 detik
5	Polisi	0,103 detik
6	Pemadam kebakaran	2,243 detik
7	Bencana	1,451 detik

Berdasarkan tabel 4.1 di atas dapat diketahui bahwa diantara beberapa pola suara sirene kendaraan darurat yang telah disebutkan memiliki durasi yang beragam. Dalam tabel 4.1, jenis suara sirene kendaraan darurat yang memiliki pola durasi tepanjang yaitu pola suara sirene milik pemadam kebakaran yaitu 2,243 detik. Sedangkan untuk durasi pola suara terpendek yaitu sirene pada kendaraan polisi sebesar 0,103 detik.

4.2.1. Suara Sirene *Ambulance*

Suara sirene *ambulance* memiliki beberapa mode untuk setiap jenis penggunaannya, yaitu *yelp*, *Hi-lo*, *wail 1* dan *wail 2*.

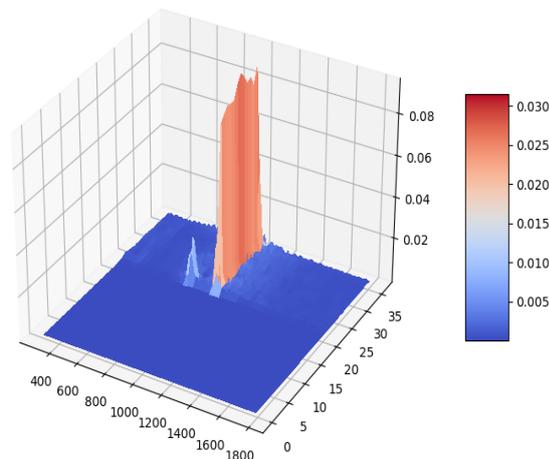
a. *Yelp*



Gambar 14. hasil plotting pengolahan data sirene *ambulance* mode *yelp*

Berdasarkan gambar 14, dapat diketahui bahwa sirene *ambulance* dengan mode *yelp* memiliki *amplitude* maximal sekitar 0.09 (-21dB) pada frekuensi 1KHz yang diiringi buih antara 800Hz hingga 1.4KHz dengan *amplitude* sekitar 0.02 (-34dB).

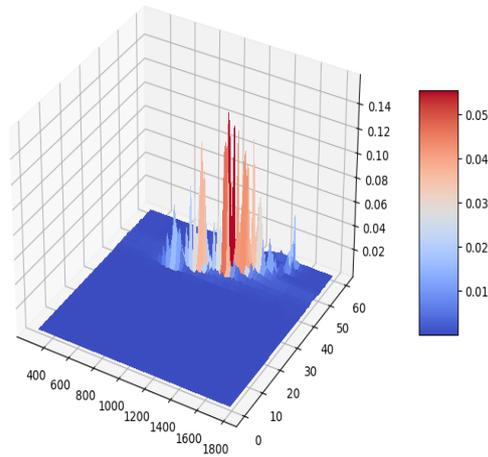
b. *Hilo*



Gambar 15. hasil plotting pengolahan data sirene *ambulance* mode *hi-lo*

Berdasarkan gambar 15, dapat diketahui bahwa sirene *ambulance* dengan mode *hi-lo* memiliki *amplitude* maximal sekitar 0.08 (-22dB) pada frekuensi 1KHz yang diiringi buih antara 800Hz hingga 1KHz dengan *amplitude* sekitar 0.01 (-40dB).

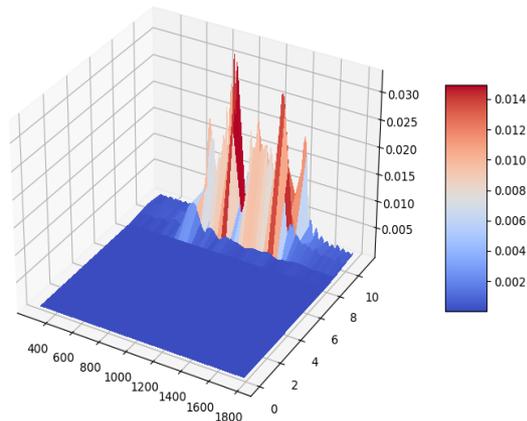
c. *Wail 1*



Gambar 16. hasil plotting pengolahan data sirene *ambulance* mode wail 1

Berdasarkan gambar 16, dapat diketahui bahwa sirene *ambulance* dengan mode wail 1 memiliki *amplitude* maximal sekitar 0.10 (-20dB) pada frekuensi 900Hz yang diiringi buih antara 700Hz hingga 1.4KHz dengan *amplitude* sekitar 0.05 (-26dB).

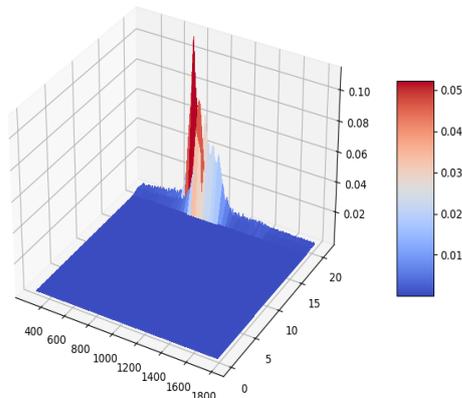
d. *Wail 2*



Gambar 17. hasil plotting pengolahan data sirene *ambulance* mode wail 2

Berdasarkan gambar 17, dapat diketahui bahwa sirene *ambulance* dengan mode wail 2 memiliki *amplitude* maximal sekitar 0.29 (-11dB) pada frekuensi 800Hz yang diiringi buih antara 600Hz hingga 1.4KHz dengan *amplitude* sekitar 0.015 (-36dB).

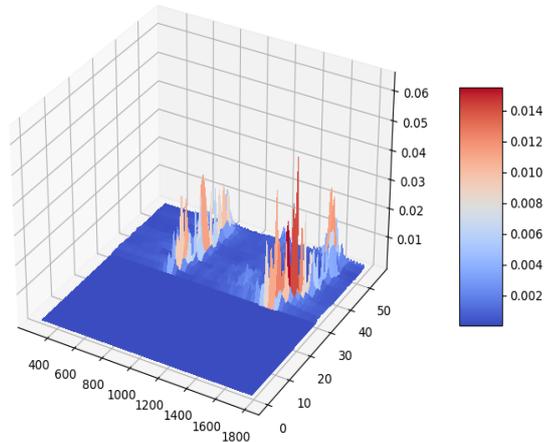
4.2.2. Suara Sirene Polisi



Gambar 18. hasil plotting pengolahan data sirene polisi

Berdasarkan gambar 18, dapat diketahui bahwa sirene polisi memiliki *amplitude* maximal sekitar 0.12 (-18dB) pada frekuensi 700Hz yang diiringi buih antara 600Hz hingga 1KHz dengan *amplitude* sekitar 0.04 (-28dB).

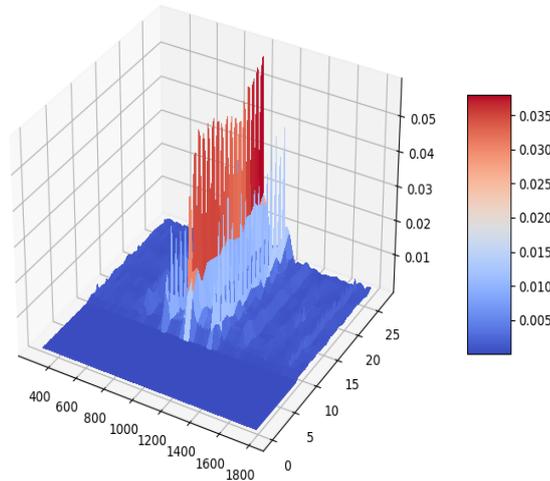
4.2.3. Suara Sirene Pemadam kebakaran



Gambar 19. hasil plotting pengolahan data sirene pemadam kebakaran

Berdasarkan gambar 19, dapat diketahui bahwa sirene kendaraan pemadam kebakaran memiliki *amplitude* maximal sekitar 0.03 (-30dB) pada frekuensi 1,3KHz yang diiringi buih antara 400Hz hingga 1.6KHz dengan *amplitude* sekitar 0.01 (-40dB).

4.2.4. Suara Sirene Bencana

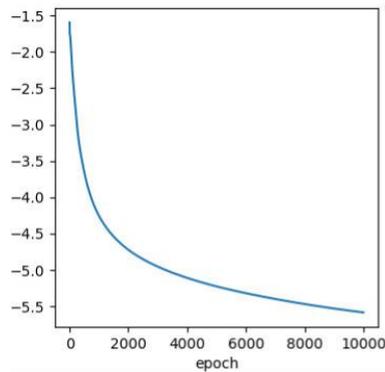


Gambar 20. hasil plotting pengolahan data sirene bencana

Berdasarkan gambar 20, dapat diketahui bahwa sirene peringatan bencana alam memiliki *amplitude* maximal sekitar 0.06 (-24dB) pada frekuensi 900Hz yang diiringi buih antara 600Hz hingga 1,2KHz dengan *amplitude* sekitar 0.02 (-34dB).

4.3 Hasil dan pembahasan *Learning Data*

Pada tahap ini akan menampilkan hasil dari proses *learning* dari data yang sudah melalui proses pengolahan STFT, yang nantinya akan masuk ke proses klasifikasi *artificial neural network*.



Gambar 21. grafik learning data sumbu Y bentuk logaritmik MSE.

Berdasarkan gambar 21, dapat dijelaskan bahwa menurut metode analisis data MSE (*Mean squared error*) untuk mengecek estimasi berapa nilai kesalahan pada peramalan yang akan digunakan sebagai nilai pembobot, didapati hasil grafik learning data pada sumbu Y bentuk logaritmik MSE seperti pada gambar 21 di atas. Gambar 21 menampilkan grafik nilai MSE jika dibulatkan sebesar 10^{-6} .

4.4 Hasil dan pembahasan Pengujian

Pada tahap ini akan menampilkan hasil dari pengujian dari hasil learning yang telah dilakukan untuk mengetahui nilai MSE.

Tabel 2. Tabel hasil training pencocokan data

	Nilai MSE	0,0000066218
TOTAL DATA	Berhasil	630
	Gagal	10
	Persentase Keberhasilan	98,44%
AMBULANCE 1 YELP	Berhasil	80
	Gagal	0
	Persentase Keberhasilan	100,00%
AMBULANCE 2 HI-LO	Berhasil	80
	Gagal	0
	Persentase Keberhasilan	100,00%
AMBULANCE 3 WAIL1	Berhasil	80
	Gagal	0
	Persentase Keberhasilan	100,00%
AMBULANCE 4 WAIL2	Berhasil	80
	Gagal	0
	Persentase Keberhasilan	100,00%
POLISI	Berhasil	80
	Gagal	0
	Persentase Keberhasilan	100,00%

DAMKAR	Berhasil	79
	Gagal	1
	Persentase Keberhasilan	98,75%
BENCANA	Berhasil	79
	Gagal	1
	Persentase Keberhasilan	98,75%
SAMPEL SALAH	Berhasil	72
	Gagal	8
	Persentase Keberhasilan	90,00%

Berdasarkan tabel 2 di atas dari jumlah 640 data yang di-training dengan menggunakan nilai MSE sebesar 0,0000066218 dari hasil *learning* sebelumnya didapatkan hasil yang cukup bagus, yang mana data berjumlah 630 berhasil cocok atau sesuai dengan data yang diharapkan atau diinginkan dan data berjumlah 10 gagal untuk cocok atau sesuai dengan data yang diharapkan atau diinginkan.

Setelah melihat hasil rincian *training* data beberapa data sirene dalam table 2 tersebut dapat dikatakan bahwa training data yang dilakukan berhasil dikarenakan persentase keberhasilan *training* data sangat tinggi yaitu total sebesar 98,44%. Artinya kecocokan antar masing-masing sirene membuahkan hasil yang cukup akurat dalam proses pengklasifikasian data.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses pengumpulan, pengolahan, data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa : Sirene pada kendaraan darurat memiliki durasi pola sinyal suara yang berbeda-beda antara jenis satu kendaraan darurat dengan yang lainnya.

1. Durasi pola suara terendah dimiliki oleh sirene kendaraan darurat milik polisi sebesar 0,103 detik dan durasi pola suara tertinggi dimiliki oleh sirene kendaraan darurat milik pemadam kebakaran sebesar 2,243 detik.
2. Sinyal suara digital tersebut setelah diolah secara komputasi dengan menggunakan Bahasa pemrograman *python*, *library* yang digunakan yaitu *numpy* untuk pengolahan data dan *wave* digunakan untuk membaca file berformat *.wav* dengan menggunakan algoritma STFT menghasilkan hasil nilai *amplitude* maksimal tertinggi sebesar 0,29(-11dB) pada frekuensi 800Hz kepunyaan sirene *ambulance* mode *wail2*. Sedangkan nilai *amplitude* maksimal terendah sebesar 0,03(-30dB) pada frekuensi 1,3KHz milik sirene kendaraan pemadam kebakaran.
3. Proses training suara-suara sirene tersebut untuk klasifikasi suara sirene dengan menggunakan hasil learning dengan nilai MSE sebesar 0,0000066218 menghasilkan persentase keberhasilan yang cukup tinggi yaitu sebesar 98,44%.

5.2 Saran

Saran yang bisa diberikan penulis untuk pengembangan penelitian ini di masa yang mendatang adalah sebagai berikut :

1. Diharapkan data-data yang dihasilkan dalam penelitian ini mampu menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan suara sirene kendaraan darurat dan bencana.
2. Kedepannya mungkin bisa dikembangkan dengan membuat aplikasi, sehingga bisa dipergunakan oleh semua orang dengan mudah.
3. Data hasil pengolahan suara sirene kendaraan darurat yang telah diperoleh dapat menjadi tolak ukur bila ingin membuat pengotomatisan traffic light atau prioritas jalan untuk kendaraan darurat ketika terjebak kemacetan pada persimpangan jalan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. P. R. I. Nomor, "Presiden republik indonesia," *Peratur. Pemerintah Republik Indones. Nomor 1 Tahun 2001*, vol. 2003, no. 1, pp. 1–5, 2001, [Online]. Available: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjWxrKeif7eAhVYfysKHcHWAOWQFjAAegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.ojk.go.id%2Fid%2Fkanal%2Fpasar-modal%2Fregulasi%2Fundang-undang%2FDocuments%2FPages%2Fundang-undang-nomo>.
- [2] D. U. Suwarno *et al.*, "Analisis frekuensi sinyal sirine menggunakan spectrogram," pp. 125–132.
- [3] I. Kurniawan, "Implementasi dan Studi Perbandingan Steganografi pada File Audio WAVE Menggunakan Teknik Low-Bit Encoding dengan Teknik End Of File," *J. Informatics Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 0–11, 2013.
- [4] S. Santoso, A. Arisman, and W. Sentanu, "Steganografi Audio (Wav) Menggunakan Metode Lsb (Least Significant Bit)," *CCIT J.*, vol. 9, no. 2, pp. 214–224, 2016, doi: 10.33050/ccit.v9i2.500.
- [5] S. Marcellinus, "Ekstraksi Fitur Peneliti Menggunakan Numpy dan Pandas," 2020.
- [6] A. T. D. Saragih, A. Rizal, and R. Magdalena, "Penentuan Akor Gitar Dengan Menggunakan Algoritma Short Time Fourier Transform," *Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf. 2009 (SNATI 2009)*, vol. 2009, no. Snati, pp. 114–119, 2009.
- [7] Farhiah Luluk, "Transposisi nada lagu menggunakan algoritma," pp. 1–85, 2015.
- [8] N. Hadiano, H. B. Novitasari, and A. Rahmawati, "Klasifikasi Peminjaman Nasabah Bank Menggunakan Metode Neural Network," *J. Pilar Nusa Mandiri*, vol. 15, no. 2, pp. 163–170, 2019, doi: 10.33480/pilar.v15i2.658.
- [9] J. W. G. Putra, "Bagian III Artificial Neural Network," 2020.