



Rancang Bangun Sistem *Smart Traffic Light* Deteksi Suara Sirine Kendaraan Darurat Metode DTW Studi Kasus: Sirine Pemadam Kebakaran

Jinoli Dyahayu Maharani ^{1*}, Eddy Nurraharjo ²

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Industri, Universitas Stikubank, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia.

article info

Article history:

Received 8 February 2024

Received in revised form

14 March 2024

Accepted 1 May 2024

Available online July 2024.

DOI:

<https://doi.org/10.35870/jti.k.v8i3.2233>.

Keywords:

DTW; Siren Recognition;
Smart Traffic Light.

Kata Kunci:

DTW; Lampu Lalu Lintas
Cerdas; Pengenalan suara
sirine.

abstract

The progress of the times demands the active participation of all societal layers in the stream of technological advancements. This progress has given rise to the concept of a Smart City System. One manifestation of this smart city concept is the emergence of intelligent traffic light systems, often equipped with various sensors, including sound sensors. The use of sound sensors allows for the detection of emergency vehicle sirens. Among emergency vehicles, firefighting vehicles should be given the highest priority on the road. Based on this, the researchers developed a system using an Arduino UNO device. This system compares sirens' sounds with other noises and processes them to execute commands on the Arduino UNO. The utilization of the Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) and Dynamic Time Warping (DTW) algorithms as supporting decision-making components in the system has resulted in a recognition accuracy rate of 70%.

abstrak

Kemajuan jaman menuntut untuk seluruh lapisan masyarakat untuk ikut dalam arus perkembangan teknologi. Kemajuan inilah yang memunculkan suatu konsep Smart City System. Salah satu bentuk perwujudan konsep kota pintar ini adalah dengan munculnya pula sistem lampu lalu lintas cerdas, lampu lalu lintas ini biasanya dilengkapi dengan berbagai jenis sensor, salah satunya adalah sensor suara. Dengan penggunaan sensor suara ini dapat dilakukan pendeteksian suara sirine kendaraan darurat. Salah satu kendaraan yang seharusnya mendapatkan prioritas dalam jalan raya adalah mobil pemadam kebakaran. Mobil pemadam kebakaran ini memiliki tingkat prioritas paling tinggi dibanding dengan kendaraan darurat lainnya. Berdasarkan dari hal tersebut peneliti membuat rancang bangun sistem menggunakan perangkat Arduino UNO. Sistem ini akan membandingkan suara sirine dengan suara lainnya dan mengolahnya hingga melakukan perintah pada Arduino UNO. Penggunaan algoritma MFCC (Mel-Frequency Cepstrum Coefficients) dan DTW(Dynamic Time Wrapping) sebagai pembantu pendukung keputusan sistem tersebut memiliki tingkat keakuratan pengenalan senilai 70%.

Corresponding Author. Email: jinolimarani@gmail.com ^{1}.

© E-ISSN: 2580-1643.

Copyright © 2024 by the authors of this article. Published by Lembaga Otonom Lembaga Informasi dan Riset Indonesia (KITA INFO dan RISET). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. 



ACM Computing Classification System (CCS)



Communication and Mass Media Complete (CMMC)

1. Latar Belakang

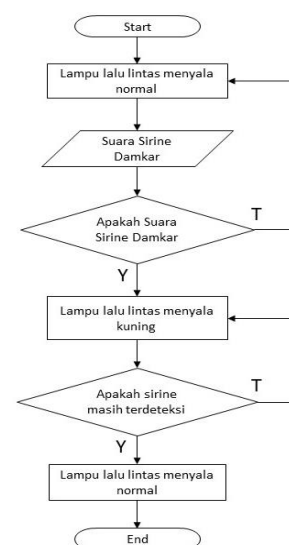
Perkembangan teknologi telah menjamah diberbagai bidang di kehidupan. Salah satu perkembangan teknologi yang tak luput adalah perkembangan teknologi yang ada pada tata kelola kota. *Smart City* adalah pendekatan yang luas dan terintegrasi untuk meningkatkan kualitas serta efisiensi hidup dan pertumbuhan ekonomi masyarakat [1]. Peningkatan efisiensi hidup masyarakat ini bisa berasal dari berbagai bidang, salah satunya adalah pelayanan publik darurat. Salah satu hal untuk mendukung efisiensi kinerja pelayanan publik darurat ini adalah dengan membantu kendaraan darurat dapat terbebas dari kemacetan. Hal ini dikarenakan keluaran dari *smart city* adalah terciptanya pelayanan baik dan meningkatnya kualitas hidup masyarakat [2]. Berdasarkan catatan Polda Metro Jaya Daerah Khusus Ibukota Jakarta pada kuartal pertama 2022 tingkat kemacetan mencapai sekitar 48%, sedangkan diperkirakan jumlah kendaraan yang berlalu lalang mencapai 22 juta unit per hari, tak jarang pula dikarenakan kemacetan ini dapat memperlambat pelayanan publik salah satunya adalah pelayanan publik darurat yaitu mobil darurat.

Menurut Perundang-undangan terdapat 7 kendaraan darurat yang memperoleh hak utama untuk didahulukan saat berada di jalan raya yaitu mobil pemadam kebakaran yang sedang melaksanakan tugas, disusul dengan ambulans yang mengangkut orang sakit, lalu kendaraan untuk memberikan pertolongan kecelakaan lalu lintas, kendaraan pimpinan Lembaga Negara Kesatuan Republik Indonesia, Kendaraan pimpinan pejabat asing serta tamu negara, iring-iringan jenazah dan yang terakhir adalah kendaraan untuk kepentingan tertentu menurut pertimbangan Kesatuan Kepolisian [3]. Pada peringkat pertama kendaraan yang harus didahulukan adalah mobil pemadam kebakaran yang sedang bertugas, namun tak jarang masyarakat sekitar tidak dapat membedakan suara sirine mobil pemadam kebakaran saat berada di jalan raya. Kurang mampunya masyarakat membedakan suara sirine ini sangat berpengaruh, terutama saat berada di tengah kemacetan. Pengguna jalan yang tidak mengetahui jenis mobil darurat yang ada dibelakangnya dan lampu jalan yang tidak mendukung mobil tersebut untuk melalui ruas jalan tersebut mengakibatkan keterlambatan mobil darurat untuk melalui jalan

tersebut. Berdasarkan dari permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian mengenai bagaimana cara agar para pengguna jalan tau saat ada kendaraan darurat berada disekitarnya dan didukung dengan perubahan lampu lalu lintas saat ada kendaraan darurat berada disekitar jalan terutama Kendaraan Pemadam Kebakaran yang sedang bertugas. *Smart traffic light system* adalah konsep lalu lintas pintar yang membantu banyak tugas masyarakat, seperti memberikan prioritas kepada kendaraan darurat yang bertugas [4]. Dalam penelitian ini akan digunakan metode pengenalan suara dengan menggunakan Algoritma *Dynamic Time Wrapping* atau DTW yang mengolah data yang telah dirubah oleh algoritma MFCC (*Mel-Frequency Cepstrum Coefficients*) dengan dibantu dengan perangkat Arduino Uno [5].

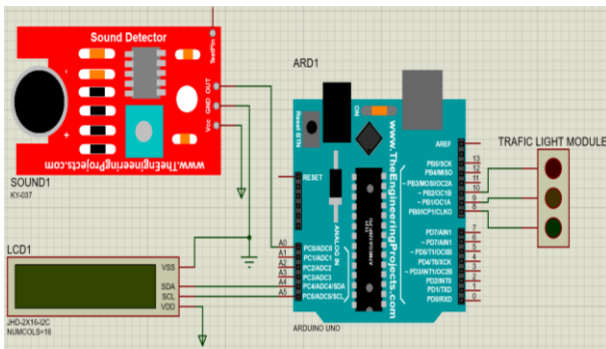
2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan oleh peneliti untuk melakukan penelitian ini dengan menggunakan metode *waterfall* [6]. Pada tahap ini menjelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan untuk membangun sistem yang telah dirumuskan sebelumnya. Dimana tujuan akhir dari penelitian ini adalah mengetahui kepresisian metode DTW digunakan untuk membantu membedakan mana yang suara sirine pemadam kebakaran dan mana yang bukan suara sirine pemadam kebakaran. Langkah-langkah sistem dapat dilihat dalam bentuk *flowchart diagram* dibawah ini.



Gambar 1. *Flowchart Diagram*

Sedangkan dalam pembuatan *prototype* lampu lalu lintasnya peneliti menggunakan perangkat Microcontroler Arduino Uno, Sensor suara KY-037, LCD 16x2 yang dilengkapi oleh perangkat I2C, dan modul *traffic light* [7]. Perakitan sistem dapat dilihat pada gambar *wiring diagram* dibawah ini.

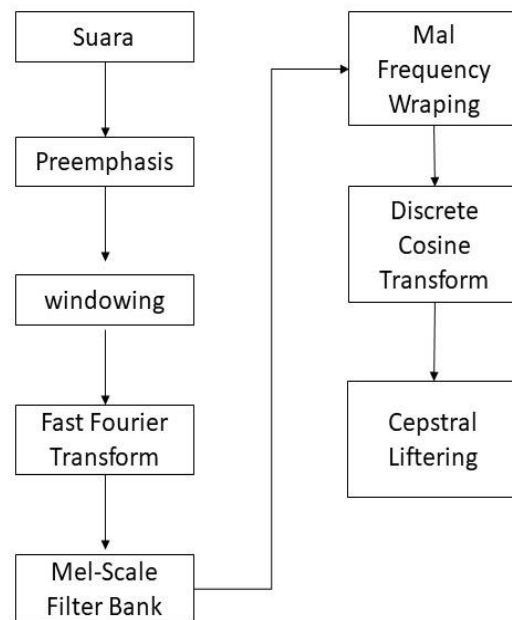


Gambar 2. *Wiring Diagram*

Penggunaan sensor KY-037 ini digunakan sebagai bentuk uji coba peneliti untuk berbagai suara sirine yang berasal dari berbagai sumber. Suara sirine sendiri memiliki beberapa mode yaitu sebagai berikut:

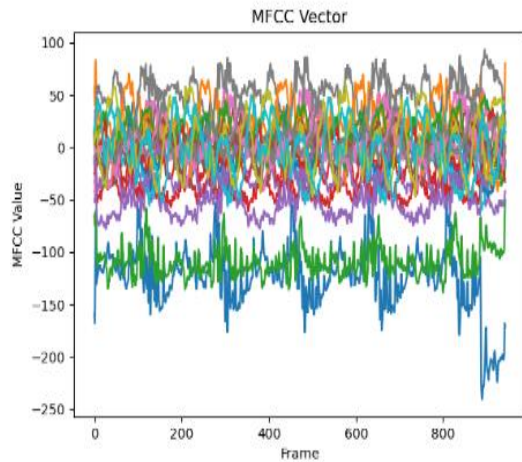
- 1) Sirine mode yelp: sirine ambulance yang sedang membawa pasien
- 2) Sirine mode wail: sirine ambulance pembawa jenazah dan sirine pemadam kebakaran, hanya saja bisanya mobil pemadam kebakaran memiliki suara sirine yang lebih dari 1 wail yang bersautan dikarenakan penggunaan 2 mobil setiap bertugas
- 3) Sirine mode hi-lo: sirine palang kereta / sirine mobil ambulance yang akan menjemput pasien
- 4) Sirine mode horn: suara klakson [8].

Dalam penelitian ini peneliti memilih suara sirine pemadam kebakaran sebagai objek yang akan dideteksi oleh sistem dengan membuat sample suara sirine pemadam kebakaran yang berisi 2 mode suara karena kendaraan pemadam kebakaran biasanya melakukan tugasnya dengan beranggotakan 2 armada [9]. Sirine wail yang saling bersautan selama 20 detik dalam bentuk WAV yang lalu diubah dalam bentuk vektor MFCC dan disimpan dalam format npy. MFCC merupakan penentu pola suara yang termasuk dalam metode ekstraksi ciri. Metode MFCC ini sering digunakan dalam pemrosesan suara karena dianggap cukup baik untuk mempresentasikan sinyal yang bekerja berdasarkan perbedaan frekuensi [10]. Secara singkat pemrosesan suara oleh algoritma MFCC dapat digambarkan dalam blok diagram dibawah ini.



Gambar 3. Blok diagram MFCC [11].

Dalam perubahan format suara WAV menjadi vektor FCC disini, peneliti mempergunakan bantuan *library librosa* yang ada pada bahasa pemrograman python [12]. Penggunaan *library librosa* ini dapat memudahkan peneliti dalam pembuatan vektor MFCC yang berasal dari gelombang suara tanpa harus melakukan penulisan program secara manual. Berikut grafik MFCC dari suara referensi.



Gambar 4. Grafik MFCC Suara Referensi

Grafik diatas yang nantinya akan dijadikan referensi algoritma DTW dalam menentukan suara tes yang sistem terima adalah suara sirine atau tidak. Secara singkatnya algoritma DTW dapat dirumuskan sebagai berikut. Algoritma DTW atau *Dynamic Time Wrapping* adalah algoritma yang menghitung jalur pergeseran antara dua data deret waktu, menghasilkan nilai-nilai pergeseran jalur dan jarak antara kedua data deret waktu [13]. Kesamaan antara dua deret waktu data dengan jumlah data yang berbeda dapat dihitung dengan algoritma DTW [14]. Misal terdapat 2 buah runtutan data yang panjang runtun datanya berbeda.

$$M = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

$$N = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_m)$$

Langkah-langkah metode DTW adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung jarak lokal (*Local distance*) $c_{ij} = |x_i - y_j|$, $i=1:n$ dan $j=1:m$
- 2) Menemukan point baris pertama $D(i,j) = c(x_i, y_j) + \min\{D(i-1,j-1), D(i-1,j), D(i,j-1)\}$ $i \in [1,N], j \in [1,M]$

- 3) Menemukan point kolom pertama

$$D(i, 1) = \sum_{k=1}^i c(x_k, y_1), j \in [1, N]$$

- 4) Menemukan point elemen lainnya

$$D(i, j) = c(x_i, y_j) + \min\{D(i-1, j-1), D(i-1, j), D(i, j-1)\},$$

$$i \in [1, N], j \in [1, M]$$

- 5) *Wrapping path* merupakan jalur yang melalui matrik yang berisi jarak minimal (minimal distance) dari elemen $D(i,j)$ hingga $D(N,M)$ yang berisi dari elemen $D(i,j)$. Identifikasi jalur ini bisa dimulai dari sudut kanan matriks hingga kiri bawah. Jalur

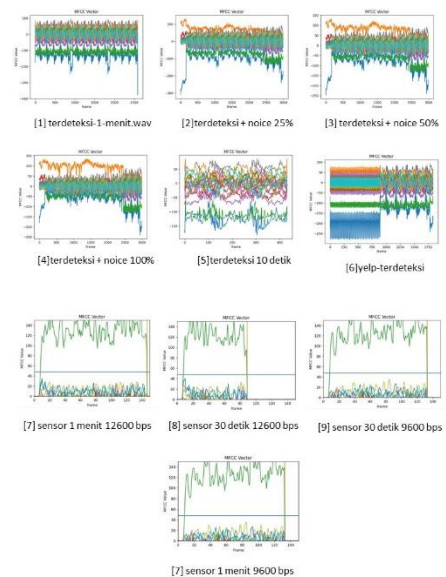
transversal diidentifikasi berdasarkan tetangga dengan nilai minimum [15].

- 6) Perhitungan jarak akhir.

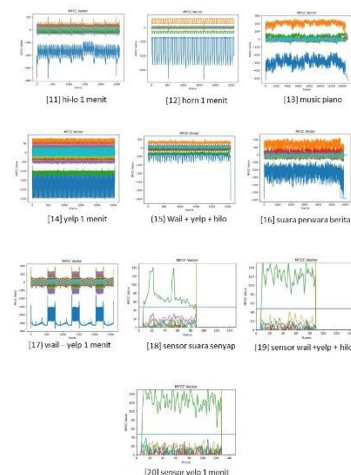
$$D = \frac{\sum_{i=1}^k d(i)}{\sum_{i=1}^k k}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Peneliti melakukan tes uji ke sistem dengan mengumpulkan 2 kelompok suara yaitu kelompok suara sirine pemadam kebakaran dan kelompok suara yang bukan suara sirine pemadam kebakaran, yang dapat divisualisasikan vektor MFCC nya sebagai berikut.



Gambar 5. Grafik MFCC suara sirine pemadam kebakaran



Gambar 6. Grafik MFCC bukan suara sirine pemadam kebakaran

Setelah mengubah semua data suara menjadi vektor MFCC dilakukan pengkalkulasian oleh algoritma DTW untuk membedakan apakah suara tersebut merupakan suara sirine pemadam kebakaran atau tidak. Berikut tabel hasil dari pengkalkulasian dari

suara tes yang merupakan suara sirine pemadam kebakaran.

Tabel 1. Suara Sirine Pemadam Kebakaran

File	Hasil Kalkulasi DTW	Status Pengenalan	%
Sirine1.wav	695.1239	Ya	96,89%
Sirine2.mp3	19134.823	Ya	14,33%
Sirine3.mp3	19875.224	Ya	11,01%
Sirine4.mp3	21040.204	Ya	5,8%
Sirine5.mp3	16127.596	Ya	27,79%
Sirine6.mp3	18774.290	Ya	15,94%
Sensor Suara1	30858,394	Tidak	-38,16%
Sensor Suara2	28277,857	Tidak	-26,61%
Sensor Suara3	28254,601	Tidak	-26,50%
Sensor Suara4	28713.069	Tidak	-28,56%

Tabel 2. Bukan Suara Sirine Pemadam Kebakaran

File	Hasil Kalkulasi DTW	Status Pengenalan	%
Suara11.mp3	22769.342	Tidak	-1,94%
Suara12.mp3	22552.541	Tidak	-0,97%
Suara13.mp3	31444.827	Tidak	-40,79%
Suara14.mp3	18123.294	Ya	18,86%
Suara15.mp3	18884.913	Ya	15,45%
Suara16.mp3	27240.168	Tidak	-21,96%
Suara17.mp3	33676.956	Tidak	-50,78%
Sensor Suara18	25353,921	Tidak	-13,52%
Sensor Suara19	28138,393	Tidak	-25,98%
Sensor Suara20	29789.770	Tidak	-33,38%

Berdasarkan kedua tabel diatas dapat diambil kesimpulan bahwa dari 20 sampel suara yang ada, sistem dapat membedakan suara sirine dengan tepat sebanyak 14 suara dan terdapat kesalahan pengenalan sebanyak 6 suara. 4 dari 6 kesalahan pengenalan ini berasal dari suara tes yang berasal dari suara yang ditangkap secara langsung oleh sensor suara. Karna hal ini maka dapat disimpulkan bahwa suara yang diterima oleh sensor suara KY-037 belum bisa dikenali oleh sistem atau memiliki pergeseran gelombang yang relatif jauh dengan suara referensi walaupun suara yang diputarkan ke sensor suara merupakan suara yang sama dengan suara referensi. Hal ini bisa disebabkan karena kurang tepatnya akselerasi sensor suara atau tingkat kualitas suara yang diterima oleh sensor suara. Dari penelitian

tersebut maka disimpulkan akumulasi persentase keberhasilan sistem dalam membedakan suara sirine pemadam kebakaran dapat dirumuskan sebagai berikut. Persentase keberhasilan sistem = $14/20 \times 100 = 70\%$. Dari hasil sistem saat algoritma mengenali suara maka akan mengirim data berupa bit ke Mikrokontroler.



Gambar 7. Purwarupa *Smart Traffic Light*

Saat sistem mengenali suara tes maka akan mengubah kondisi lampu lalu lintas dan akan menampilkan teks pada LCD 16x2 bahwa ada kendaraan darurat.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian didapatkan kesimpulan bahwa sistem pengenalan suara sirine pemadam kebakaran menggunakan metode DTW memiliki tingkat keakuratan senilai 70%. Terdapat perbedaan pengenalan tergantung dari bentuk data yang diproses oleh algoritma DTW. Dalam kasus ini penggunaan suara yang telah terekam dan tersimpan dalam format MP3 dan WAV dinilai lebih akurat untuk dilakukan pemrosesan sistem menggunakan algoritma DTW dibandingkan menggunakan suara yang berasal dari sensor suara KY-037 secara langsung.

Penggunaan ambang batas pengenalan untuk mendeteksi suara sirine yang berasal dari suara yang sudah tersimpan dalam format MP3 dapat digunakan pula untuk mendeteksi suara dalam format suara WAV, namun ambang batas yang sama dinilai kurang sesuai digunakan untuk mendeteksi suara yang secara langsung oleh sensor suara KY-037. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai penetapan batas ambang pengenalan serta pengakuratan sensor suara lebih lanjut agar sistem berjalan sesuai dengan yang

dibutuhkan. Perkembangan penelitian bisa dilakukan dengan lebih mengakselerasi sensor suara atau perubahan ambang batas pengenalan suara. Bisa juga dengan penambahan program *filtering* suara agar suara yang dihasilkan dapat lebih jernih serta lebih mudah untuk diolah lebih dalam. Selain itu bisa juga dengan pengubahan mikrokontroler Arduino Uno menjadi kontroler yang lebih tinggi seperti Raspberry PI.

5. Daftar Pustaka

- [1] Firman, F., & Rahmawati, R. (2023). Tata Kelola Smart City Dalam Perspektif Collaboratif Governance. *The Indonesian Journal of Public Administration (IJPA)*, 9(1). DOI: <https://doi.org/10.52447/ijpa.v9i1.6903>.
- [2] Ardinata, R. P., Rahmat, H. K., Andres, F. S., & Waryono, W. (2022). Kepemimpinan transformasional sebagai solusi pengembangan konsep smart city menuju era society 5.0: sebuah kajian literatur [Transformational leadership as a solution for the development of the smart city concept in the society era: a literature review]. *Al-Ibtirām: Multidisciplinary Journal of Counseling and Social Research*, 1(1).
- [3] Indonesia, P. R. (2009). Undang-undang Republik Indonesia nomor 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan. *Jakarta: Sekretariat Negara*.
- [4] Pandoyo, C., Permana, A. G., & Ramadan, D. N. (2021). Perancangan Purwarupa Lampu Lalu Lintas Pintar Untuk Kendaraan Pemadam Kebakaran Menggunakan Internet Of Things. *eProceedings of Applied Science*, 7(1).
- [5] Haq, A. S., Nasrun, M., Setianingsih, C., & Murti, M. A. (2020). Speech recognition implementation using MFCC and DTW algorithm for home automation. *Proceeding of the electrical engineering computer science and informatics*, 7(2), 78-85.
- [6] Vicky, V. O., & Syaripudin, A. (2022). Perancangan Sistem Informasi Absensi Pegawai Berbasis Web Dengan Metode Waterfall (Studi Kasus: Kantor Dbpr Tangerang

- Selatan). *OKTAL: Jurnal Ilmu Komputer dan Sains*, 1(01), 17-26.
- [7] Reski, M., & Budayawan, K. (2021). Smart Traffic Light Berbasis Arduino. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, 9(3), 16-23. DOI : <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v9i3.112656>.
- [8] PERMANA, M. F. (2022). KLASIFIKASI SUARA SIRENE MENGGUNAKAN STFT (SHORT-TERM FOURIER TRANSFORM). *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 1(3), 54-68.
- [9] Windya, W. N. A. (2023, August). SISTEM PELAKSANAAN MITIGASI DINAS PEMADAM KEBAKARAN DAN PENYELAMATAN KABUPATEN SUMBAWA (MODEL KOMUNIKASI MAGUIRE & HAGAN): SUMBAWA DISTRICT FIRE AND RESCUE MITIGATION IMPLEMENTATION SYSTEM (MAGUIRE & HAGAN COMMUNICATION MODEL). In *Proceeding Of Student Conference* (Vol. 1, No. 5, pp. 417-432).
- [10] Fauziah, F., Tritasmoro, I. I., & Rizal, S. (2021). Sistem Keamanan Berbasis Pengenalan Suara Sebagai Pengakses Pintu Menggunakan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficient (mfcc). *eProceedings of Engineering*, 8(6).
- [11] Mahmood, A., & Köse, U. (2021). Speech recognition based on convolutional neural networks and MFCC algorithm. *Advances in Artificial Intelligence Research*, 1(1), 6-12.
- [12] Jadhav, S., Karpe, S., & Das, S. (2021). Sound classification using python. In *ITM Web of Conferences* (Vol. 40, p. 03024). EDP Sciences.
- [13] Novidianto, R., & Dani, A. T. R. (2020). Analisis kluster kasus aktif COVID-19 menurut provinsi di Indonesia berdasarkan data deret waktu. *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, 12(2), 15-24. DOI: <https://doi.org/10.34123/jurnalasks.v12i2.280>.
- [14] Dinata, C., Puspitaningrum, D., & Erna, E. (2017). Implementasi Teknik Dynamic Time Warping (Dtw) Pada Aplikasi Speech To Text. *Jurnal Teknik Informatika*, 10(1), 49-58. DOI: <https://doi.org/10.15408/jti.v10i1.6816>.
- [15] Permana, I. S., Indrawaty, Y., & Zulkarnain, A. (2018). Implementasi Metode Mfcc Dan Dtw Untuk Pengenalan Jenis Suara Pria Dan Wanita. *MIND (Multimedia Artificial Intelligent Networking Database) Journal*, 3(1), 61-76.