

Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) dalam Penerjemahan Bahasa Isyarat bagi Penyandang Disabilitas Tunarungu

Ronal¹, Yuliana²

¹Rekayasa Instrumentasi dan Automasi, Fakultas Teknis Industri, Institut Teknologi Sumatera

²Sains Data, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sumatera

¹ronal@ia.itera.ac.id. ²yuliana@sd.itera.ac.id

Abstract

Humans are mutual creatures that cannot live alone. In the process of socializing among humans, they need communication as a medium for interaction. However, it is different for deaf people while interacting and communicating with other people, they use Indonesian Sign Language System (SIBI) or Bisindo which is as their mother tongue. This Final Project proposes an application for converting speech signals to sign movements language video for the deaf. By going through the speech signal input stage then preprocessing and feature extraction. The results of the feature extraction are classified by using the K-Nearest Neighbors algorithm with Euclidean distance calculations to find the nearest neighbors. Until it produces output in the form of text then the text becomes input to call up sign movements language video in the database. The results of the Final Project testing stage used 13 Mel-Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) coefficients, the K parameter is 5, so that it is able to convert speech signals to sign movement language videos for the deaf with an average word accuracy of 34.67% and an average sentence accuracy of 72%

Keywords: KNN, Speech Recognition, Deaf, Sign Language, BISINDO.

Abstrak

Manusia merupakan makhluk hidup yang tidak dapat hidup sendiri. Dalam proses bersosialisasi antar manusia itulah diperlukan adanya komunikasi sebagai media untuk berinteraksi. Namun berbeda untuk orang tunarungu dalam berinteraksi dan berkomunikasi dengan sesama maupun dengan orang awam yang menggunakan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) ataupun Bisindo yang merupakan bahasa dari ibu. Tugas Akhir ini mengusulkan sebuah aplikasi konversi sinyal suara ke video gerakan bahasa isyarat untuk tunarungu. Dengan melalui tahapan input sinyal ucapan lalu preprocessing dan ekstraksi ciri. Hasil ekstraksi ciri diklasifikasi menggunakan algoritma K-Nearest Neighbors dengan perhitungan euclidean distance untuk mencari tetangga terdekatnya. Hingga menghasilkan keluaran berupa teks, kemudian teks tersebut menjadi input untuk memanggil video gerakan bahasa isyarat yang ada pada database. Hasil tahapan pengujian Tugas Akhir yang menggunakan parameter dengan 13 koefisien Mel-Frequency Cepstral Coefficient (MFCC), parameter K berjumlah 5, sehingga mampu mengonversi sinyal suara ke video bahasa isyarat untuk tunarungu dengan rata-rata akurasi kata sebesar 34.67 % dan rata-rata akurasi kalimat sebesar 72%

Kata kunci: KNN, Pengenalan Suara, Tunarungu, Bahasa Isyarat, BISINDO.

© 2025 Jurnal Pustaka AI

1. Pendahuluan

Manusia merupakan makhluk hidup yang tidak dapat hidup sendiri. Sebagai makhluk sosial, manusia hidup dengan saling membutuhkan manusia lainnya. Dalam proses bersosialisasi antar manusia diperlukan adanya komunikasi sebagai media untuk berinteraksi. Namun, tidak sedikit juga manusia yang mengalami

kesulitan dalam berinteraksi karena memiliki berbagai permasalahan dalam berkomunikasi contohnya, orang yang tidak mengerti Bahasa isyarat akan sulit untuk berkomunikasi dengan kaum tunarungu, begitu juga sebaliknya. Tunarungu, merupakan sebutan bagi penyandang disabilitas yang

memiliki keterbatasan dalam mendengar atau bahkan tidak dapat mendengar.

Anak tunarungu lebih banyak menggunakan Bahasa isyarat dalam berkomunikasi dengan lingkungannya. Sedangkan lingkungan pada umumnya merupakan masyarakat yang lebih banyak memahami bahasa lisan daripada bahasa isyarat. Sehingga sedikit sulit bagi kaum tunarungu untuk berkomunikasi dengan masyarakat luas. Menurut Chaiorul Anam dalam Bahasa isyarat adalah bahasa yang dilakukan dengan menggunakan gerakan gerakan badan dan mimik muka sebagai simbol dari makna bahasa lisan [1]. Agar masyarakat umum dapat dengan mudah berkomunikasi dengan kaum tunarungu, maka mereka perlu belajar memahami, mengerti serta dapat menggunakan Bahasa Isyarat dengan baik.

Terdapat berbagai jenis bahasa isyarat yang berbeda di setiap negara atau daerah. Seperti di Indonesia, terdapat 2 jenis bahasa isyarat yang digunakan yaitu SIBI dan BISIDNO. SIBI atau Sistem Bahasa Isyarat Indonesia merupakan bahasa isyarat yang diadopsi dari American Sign Language (ASL) yang biasa dipakai di Sekolah Luar Biasa (SLB). SIBI diciptakan oleh Alm. Anton Widyatmoko mantan kepala sekolah SLB/B Widya Bakti Semarang bekerjasama dengan mantan kepala sekolah SLB/B di Jakarta dan Surabaya. Berikutnya adalah Bahasa isyarat BISINDO. BISINDO atau Bahasa Isyarat Indonesia merupakan bahasa yang memiliki keunikan di setiap daerah karena dipelajari oleh penyandang disabilitas tunarungu secara alami dan dari interaksi antara penyandang disabilitas tunarungu dengan lingkungannya[2].

Untuk menjembatani kesenjangan komunikasi antara masyarakat umum dan penyandang tunarungu, maka diperlukan inovasi teknologi berupa sistem pengenalan suara yang dapat secara otomatis mengubah ucapan lisan menjadi bahasa isyarat. Dengan adanya sistem ini, komunikasi dua arah antara masyarakat dan penyandang tunarungu akan menjadi lebih mudah, inklusif, dan efisien. Sistem pengenalan suara yang dapat dikenali dan seolah dapat dimengerti oleh komputer atau mesin dengan menggunakan algoritma tertentu dengan mengubah gelombang suara menjadi huruf-huruf dan angka, huruf huruf yang diucapkan lalu diubah menjadi bentuk sinyal digital, kemudian huruf huruf tersebut diidentifikasi yang disesuaikan dengan kode-kode tertentu dan hasilnya akan ditampilkan kedalam bentuk tulisan.[3].

Penelitian ini berfokus pada penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) dalam proses penerjemahan bahasa isyarat, khususnya untuk membantu penyandang disabilitas tunarungu dalam memahami komunikasi verbal dari masyarakat umum. Salah satu tahapan utama dalam sistem ini adalah mengubah suara menjadi teks. Setelah suara dikenali dan diubah menjadi representasi fitur digital, proses klasifikasi dilakukan untuk menentukan kata atau frasa yang

sesuai berdasarkan data latih yang telah tersedia. Pada tahap inilah algoritma KNN digunakan sebagai metode klasifikasi.

Algoritma KNN dipilih karena memiliki struktur yang sederhana namun efektif. KNN bekerja dengan cara membandingkan fitur input (dalam hal ini fitur dari suara yang diucapkan) dengan sejumlah contoh data latih terdekat (k tetangga terdekat) yang telah dilabeli sebelumnya. Hasil klasifikasi ditentukan berdasarkan mayoritas kelas dari tetangga-tetangga terdekat tersebut. Karena tidak memerlukan proses pelatihan yang kompleks seperti pada algoritma deep learning, KNN cenderung lebih cepat dan efisien dalam eksekusi program, terutama pada dataset berukuran kecil hingga menengah [4].

Dalam konteks pengenalan suara, fitur-fitur yang diekstrak dari sinyal audio—seperti Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC), Linear Predictive Coding (LPC), atau Zero Crossing Rate (ZCR)—digunakan sebagai masukan bagi algoritma KNN. Setelah suara diklasifikasikan menjadi teks, hasil tersebut kemudian dapat diterjemahkan ke dalam bahasa isyarat melalui tampilan visual atau animasi yang sesuai, sehingga penyandang tunarungu dapat memahami pesan yang disampaikan.

2. Metode Penelitian

Metodologi dalam penerapan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN) ini diawali dengan tahap identifikasi permasalahan yang berkaitan dengan kesulitan komunikasi antara masyarakat umum dan penyandang disabilitas tunarungu. Salah satu permasalahan utama yang ditemukan adalah kurangnya penggunaan bahasa isyarat dalam interaksi sehari-hari, sehingga komunikasi menjadi tidak efektif dan menghambat partisipasi penyandang tunarungu dalam lingkungan sosial yang lebih luas.

Langkah selanjutnya adalah melakukan studi literatur terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan, khususnya yang menggunakan algoritma KNN dalam sistem penerjemahan bahasa isyarat. Studi literatur ini bertujuan untuk memperluas wawasan serta memperdalam pemahaman mengenai prinsip kerja dan efektivitas algoritma KNN dalam konteks pengenalan pola dan klasifikasi data, khususnya pada data citra atau sinyal yang berkaitan dengan bahasa isyarat. Salah satu penelitian terkait dilakukan oleh Saputra tahun 2020 yang menerapkan metode *template matching* dan KNN dalam klasifikasi alfabet BISINDO[5], serta oleh Wungow dkk, pada tahun 2022 yang menggunakan KNN untuk mengklasifikasikan gerakan tangan pada sarung tangan penerjemah isyarat SIBI[6].

Setelah studi literatur, tahap berikutnya adalah pengumpulan data berupa citra atau video yang merekam gerakan tangan dan ekspresi wajah sebagai representasi bahasa isyarat. Data ini kemudian diproses untuk mengekstraksi fitur-fitur penting yang akan digunakan sebagai input dalam algoritma KNN.

Implementasi KNN dilakukan dengan membandingkan fitur dari input bahasa isyarat dengan data pelatihan (*training data*) yang telah diklasifikasikan sebelumnya. Algoritma akan menghitung jarak antara input dengan data latih, lalu menentukan kelas (makna isyarat) berdasarkan mayoritas tetangga terdekat (k tetangga) dari input tersebut.

Tahap terakhir adalah pengujian dan analisis hasil, di mana sistem akan diuji menggunakan data uji untuk mengevaluasi akurasi klasifikasi dan efektivitas penerjemahan bahasa isyarat ke dalam bentuk teks atau suara. Evaluasi ini menjadi dasar dalam menyimpulkan sejauh mana sistem mampu menjembatani komunikasi antara masyarakat umum dan penyandang disabilitas tunarungu.

Dalam proses pengenalan suara, terdapat beberapa tahapan penting yang harus dilakukan sebelum suara dapat dikenali dan diterjemahkan [7]. Tahapan-tahapan ini meliputi:

a. Pemasukan Sinyal Ucapan

Langkah ini merupakan tahapan awal di mana sinyal ucapan berupa gelombang suara ditangkap melalui perangkat perekam, seperti mikrofon. Gelombang suara tersebut akan digunakan sebagai input utama dalam sistem.

b. Pre-processing

Tahap ini bertujuan untuk mempersiapkan sinyal suara sebelum dianalisis lebih lanjut. Proses pre-processing mencakup normalisasi sinyal agar memiliki skala yang seragam dan pemotongan sinyal untuk memfokuskan pada bagian suara yang relevan, sehingga meningkatkan akurasi pada tahap berikutnya.

c. Ekstraksi Ciri (Feature Extraction)

Pada tahap ini dilakukan pengambilan fitur penting dari sinyal suara menggunakan metode Mel-Frequency Cepstral Coefficient (MFCC). MFCC merupakan metode yang umum digunakan dalam pengenalan suara karena mampu merepresentasikan ciri-ciri khas dari ucapan manusia berdasarkan frekuensi-frekuensi penting yang terdengar oleh telinga manusia.

d. Pencocokan (Matching)

Hasil ekstraksi ciri kemudian dibandingkan dengan data yang telah tersedia di database. Pada penelitian ini, proses pencocokan dilakukan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN) sebagai metode klasifikasi. Algoritma KNN dipilih karena kesederhanaannya dan kemampuannya dalam menghasilkan klasifikasi yang cukup akurat berdasarkan data pelatihan (*training data*) yang ada. Adapun langkah-langkah dalam teknik KNN adalah sebagai berikut:

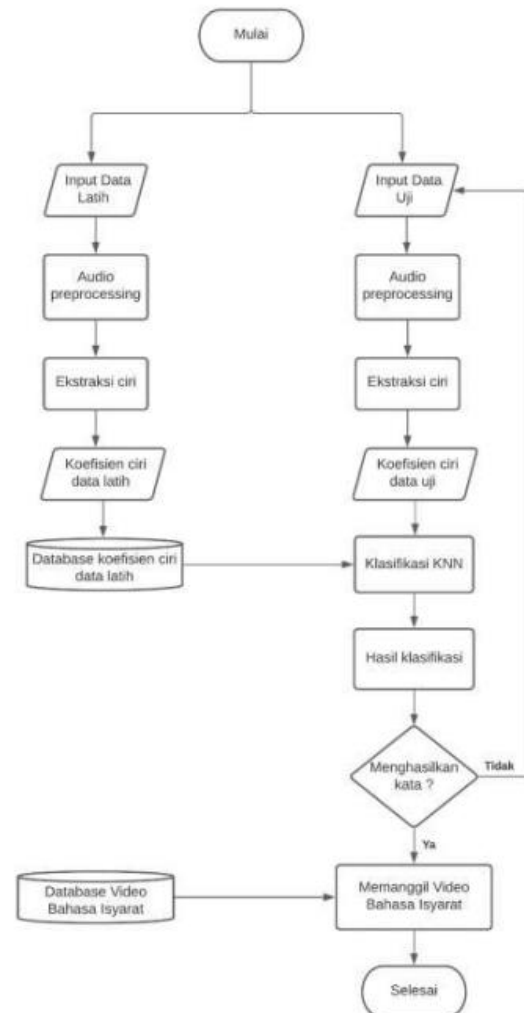
1. Menentukan parameter K yaitu jumlah tetangga terdekat. Nilai K ini diperoleh dari proses pelatihan sebelumnya untuk memastikan hasil klasifikasi optimal.
2. Menghitung jarak Euclidean antara data uji dengan seluruh data latih. Perhitungan ini

bertujuan untuk mengetahui kedekatan fitur suara yang diuji terhadap fitur yang telah diketahui kategorinya.

3. Mengurutkan semua jarak tersebut dari yang terkecil hingga terbesar.
4. Mengidentifikasi kategori atau label dari K data tetangga terdekat.
5. Menentukan hasil klasifikasi berdasarkan suara terbanyak (mayoritas) dari tetangga tersebut.

e. Evaluasi

Tahap terakhir adalah pengujian dan analisis hasil, di mana sistem akan diuji menggunakan data uji untuk mengevaluasi akurasi klasifikasi dan efektivitas penerjemahan bahasa isyarat ke dalam bentuk teks atau suara. Evaluasi ini menjadi dasar dalam menyimpulkan sejauh mana sistem mampu menjembatani komunikasi antara masyarakat umum dan penyandang disabilitas tunarungu [9][10].



Gambar 1. Diagram Alir penelitian secara keseluruhan.

Pada gambar 1 dapat dilihat alur dari penelitian yang dilakukan secara garis besar. Namun dalam penerapan algoritma KNN untuk penerjemahan bahasa isyarat bagi penyandang disabilitas tunarungu

ini memiliki hanya menerjemahkan 30 kata dan 10 kalimat bahasa isyarat kemudian bahasa isyarat yang digunakan adalah BISINDO. Data kata Berisi 10 kata tunggal yang sering digunakan dalam percakapan dasar. Data kalimat Berisi 10 kalimat sederhana yang terdiri dari 2–6 kata. Proses pelatihan dan pengujian dilakukan secara terpisah agar tidak terjadi bias data (data leakage). Metode ekstraksi ciri menggunakan Mel-Frequency Cepstral Coefficient (MFCC), sementara klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma KNN dengan jarak Euclidean sebagai ukuran kedekatan antar fitur suara. Nilai K dalam KNN ditentukan berdasarkan hasil validasi silang (cross-validation) pada data pelatihan, dan nilai optimal digunakan untuk seluruh pengujian[9]. Selain itu sinyal ucapan yang dimasukkan berupa kata dengan menggunakan bahasa Indonesia dan durasi dari pengambilan data suara disesuaikan dengan kata yang diucapkan.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penerapan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) dalam sistem penerjemahan bahasa isyarat ditunjukkan melalui tingkat akurasi klasifikasi yang dihasilkan. Akurasi ini digunakan untuk mengukur keberhasilan algoritma KNN dalam mencocokkan input berupa kata atau kalimat yang diucapkan dengan representasi bahasa isyarat dalam bentuk video atau citra gerakan. Pengujian dilakukan sebanyak 15 kali untuk setiap kata dan kalimat, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Table 1. Data Kata dan Kalimat

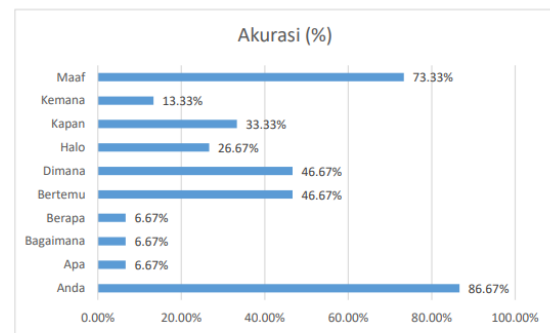
No	Kata	Kalimat
1	Anda	Apa Kabar
2	Apa	Halo Perkenalkan Nama saya Cyntia
3	Bagaimana	Hati-Hati
4	Berapa	Kamu mau Kemana
5	Bertemu	Kamu Sekolah Dimana
6	Dimana	Kamu Sudah makan
7	Halo	Kamu Tinggal Dimana
8	Kapan	Kamu Umur Beraoa
9	Kemana	Mengapa Kamu Telat
10	Maaf	Sama-Sama

Pada gambar 2 dapat dilihat data pengujian yang digunakan yaitu data kata. Pengujian Kata dilakukan sebanyak 15 kali pengujian dan setiap kata memiliki data latih sebanyak tiga data suara.

kata	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14	p15	Jumlah B
Anda	B	B	B	G	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	13
Apa	G	G	G	G	B	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	1
Bagaimana	B	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	1
Berapa	B	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	1
Bertemu	G	B	B	B	B	G	G	G	G	G	G	B	B	G	G	7
Dimana	G	B	B	B	B	G	G	G	G	G	B	G	G	B	B	7
Halo	B	B	G	B	G	G	G	G	B	G	G	G	G	G	G	4
Kapan	G	B	B	G	G	G	B	G	B	G	G	G	B	G	G	5
Kemana	G	B	G	B	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	2
Maaf	G	G	G	B	B	B	B	B	B	G	B	B	B	B	B	11

Gambar 2. Hasil Pengujian Kata

Pada gambar ditunjukkan bahwa kata "Anda" memperoleh akurasi tertinggi sebesar 86,67%, diikuti oleh kata "Maaf" dengan 73,33%, dan "Bertemu", "Dimana" masing-masing dengan 46,67%. Sementara itu, kata seperti "Apa", "Bagaimana", dan "Berapa" hanya mencapai akurasi 6,67%, yang menunjukkan bahwa algoritma KNN masih memiliki keterbatasan dalam mengenali beberapa jenis isyarat tertentu. Hasil akurasi dalam pengujian kata dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 4 11 Diagram Akurasi Kata

Gambar 3. Akurasi Kata

Pada gambar 3. Akurasi kata menunjukkan bahwa algoritma KNN masih memiliki keterbatasan dalam mengenali beberapa jenis isyarat tertentu. Hal ini bisa disebabkan oleh kemiripan fitur suara antar kata atau jumlah data latih yang terbatas.

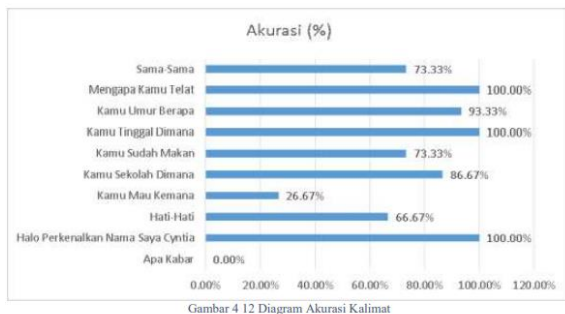
Pengujian penerapan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) juga dilakukan terhadap kalimat-kalimat dalam bahasa isyarat. Setiap kalimat diuji sebanyak 15 kali, dengan masing-masing memiliki tiga data suara sebagai data latih.

Kalimat	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14	p15	Jumlah B
Apa Kabar	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	0
Halo Perkenalkan Nama Saya Cyntia	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	15
Hati-Hati	B	G	G	G	B	B	B	B	B	G	G	B	B	B	B	10
Kamu Mau Kemana	G	G	B	G	G	G	G	G	G	B	B	G	B	G	G	4
Kamu Sekolah Dimana	B	B	B	B	B	B	B	B	G	B	B	B	B	B	G	13
Kamu Sudah Makan	B	B	B	B	G	G	B	B	B	B	B	B	G	G	G	11
Kamu Tinggal Dimana	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	15
Kamu Umur Berapa	B	B	B	B	B	B	G	B	B	B	B	B	B	B	B	14
Mengapa Kamu Telat	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	15
Sama-Sama	G	B	B	G	B	B	B	B	B	B	G	B	B	B	G	11

Gambar 4. Hasil Pengujian Kalimat

Hasil pengujian menunjukkan bahwa performa algoritma KNN dalam mengenali kalimat cukup bervariasi. Beberapa kalimat seperti "Halo Perkenalkan Nama Saya Cyntia", "Kamu Sudah

Makan", "Kamu Tinggal Dimana", "Kamu Umur Berapa", dan "Mengapa Kamu Telat" berhasil dikenali dengan akurasi 100%, menunjukkan bahwa KNN mampu mengklasifikasikan kalimat-kalimat tersebut secara konsisten. Namun, terdapat juga kalimat seperti "Apa Kabar" dengan akurasi 0%, serta "Kamu Mau Kemana" dan "Sama-Sama" dengan akurasi di bawah 40%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat tantangan dalam mengenali beberapa kalimat tertentu, yang kemungkinan disebabkan oleh kemiripan fitur akustik antar kata dalam kalimat, kekurangan jumlah data latih, atau noise pada data input.



Gambar 4.12 Diagram Akurasi Kalimat

Gambar 5. Akurasi kalimat

Secara umum, hasil pada gambar 5 menunjukkan bahwa algoritma KNN memiliki potensi dalam pengenalan kalimat dalam sistem penerjemahan bahasa isyarat, namun peningkatan performa masih dapat dilakukan melalui penambahan data latih, optimasi parameter K, dan teknik pra-proses data yang lebih baik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisa dan pengujian algoritma KNN untuk menerjemahkan Bahasa isyarat bagi penyandang disabilitas tunarungu disimpulkan bahwa algoritma mampu menerjemahkan Bahasa isyarat, dengan menggunakan euclidean distance dalam klasifikasi K-NN, parameter k berjumlah 5 lalu menggunakan koefisien yang berjumlah 13, didapatkan hasil rata-rata pengujian akurasi kata sebesar 34.67% dan rata-rata pengujian akurasi kalimat sebesar 72.00%. Jumlah suku kata secara signifikan berpengaruh terhadap nilai akurasi sehingga konversi kalimat hasilnya lebih baik dibandingkan dengan konversi kata. Hasil nilai signifikan pada pengujian anova secara linear adalah 0.005 yang berarti lebih kecil dari nilai alpha yaitu 0.05 sehingga jumlah suku kata berpengaruh signifikan terhadap akurasi munculnya video sesuai kata yang diucapkan. Pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan lebih lanjut agar melakukan penelitian menggunakan algoritma lain seperti Convolutional Neural Network dan algoritma lainnya, dan menggunakan aplikasi agar dapat digunakan oleh pengguna Android untuk mempermudah orang awam yang ingin belajar atau

berkomunikasi dengan bahasa isyarat serta mengimplementasikan signal processing agar dapat digunakan di berbagai bidang seperti bidang biomedical dan bidang lainnya.

Daftar Rujukan

- [1] Merta, I. P. W., Sunarya, I. M. G., & Arthana, I. K. R. (2015). Handgesture To Text Dengan Metode Artificial Intelligence KNN (K-Nearest Neighbour). Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI),
- [2] Pujiati, D. (2019). *Perbandingan Struktur Antara Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dengan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO): Kajian Sintaksis*. Repository Universitas Pendidikan Indonesia.
- [3] Gumelar, G., Hafiar, H., & Subekti, P. (2018). Bahasa Isyarat Indonesia Sebagai Budaya Tuli Melalui Pemaknaan Anggota Gerakan Untuk Kesejahteraan Tuna Rungu. *Informasi*, 48(1), 65.
- [4] Mulya, H. C., Tritasmoro, I. I., Kumalasari, N., Pratiwi, C., Elektro, F. T., Telkom, U., & Coefficients, M. C. (2019). KONVERSI SINYAL SUARA KE VIDEO UNTUK TUNARUNGU MENGGUNAKAN METODE MEL-FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENTS DAN K-NEAREST NEIGHBORS CONVERSION OF SPEECH SIGNAL TO VIDEO FOR DEAF PEOPLE USING MEL-FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENTS AND K- NEAREST NEIGHBORS METHOD. 6(2), 4223–4230
- [5] Saputra, D. (2020). *Klasifikasi Alfabet Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) dengan Metode Template Matching dan K-Nearest Neighbors (KNN)*. Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Bidang Ilmu Komputer dan Aplikasinya (SENAMIKA), 1(2).
- [6] Septiari, R., & Haryanto, H. (2012). Konverter Suara Dengan Input Bahasa Indonesia Ke Video Gerakan Bahasa Isyarat Dengan Metode Speech Recognition (Hidden Markov Model) Untuk Penderita Tunarungu. 2012(Semantik), 349–355.
- [7] Walid, M., & Darmawan, A. K. (2017). Pengenalan Ucapan Menggunakan Metode Linear Predictive Coding (LPC) dan K-Nearest Neighbor (KNN). *Energy*, 57 58 Universitas Panca Marga, 7(1), 13–22.
- [8] Munir, R. (2023). *Perbandingan Pre-Trained CNN: Klasifikasi Pengenalan Bahasa Isyarat*. Institut Teknologi Bandung.
- [9] Aziz, A. N. (2020). *Image Recognition Alfabet Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Menggunakan Convolutional Neural Network*. Universitas Islam Indonesia.
- [10] Thira, I. J., Riana, D., Ilhami, A. N., Dwinanda, B. R. S., & Putri, H. N. (2023). *Pengenalan Alfabet Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) Menggunakan Convolutional Neural Netwo*

