

APLIKASI PENERJEMAH SEBAGAI MEDIA KOMUNIKASI BAGI PENYANDANG DISABILITAS MENGUNAKAN KOMBINASI METODE *SKIN DETECTION-ANFIS, KNN DAN TTS*

Fifin Ayu Mufarroha¹⁾

¹⁾Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo

Jl. Raya Telang, PO BOX 2 Kamal, Bangkalan

E-mail : ¹⁾fifin.mufarroha@trunojoyo.ac.id

ABSTRAK

Bahasa isyarat merupakan media komunikasi yang digunakan penyandang disabilitas dalam bertukar pesan. Bahasa isyarat berupa gerakan tangan dimana setiap gerakan memiliki pola dan arti yang berbeda. Bahasa isyarat hanya dapat dipahami oleh para penyandang disabilitas dan *volunteer*, sedangkan jumlah *volunteer* menjadi semakin sedikit. Dalam memahami pola dan arti dari gerakan tangan tersebut dibangun aplikasi penerjemah bahasa isyarat. Tujuan dari penelitian ini adalah membantu penyandang disabilitas secara leluasa berinteraksi dengan masyarakat umum. Aplikasi menerjemahkan gerakan tangan pengguna menjadi hasil pengenalan berupa teks dan suara. Langkah – langkah yang diterapkan dalam pembangunan diantaranya menangkap gerakan tangan menggunakan *webcam*, pengenalan, dan terjemahan suara. Pada tahap pengenalan, terdapat beberapa sub proses yakni melakukan segmentasi hasil tangkapan gambar dengan menerapkan *skin detection* sebagai metode untuk mendapatkan objek tangan dan metode ANFIS sebagai penentuan grup gerakan tangan. Sub proses lainnya, melakukan proses klasifikasi menggunakan metode K-NN dengan masukan berupa fitur area yang menghasilkan teks alfabet. TTS diterapkan untuk menciptakan suara pada aplikasi. Metode ini mengolah teks hasil klasifikasi dengan mengkomparasikan fonem teks dan file wav untuk mendapatkan suara terjemahan. Aplikasi secara real time dapat menerjemahkan gerakan tangan dari *webcam* menjadi teks dan suara.

Kata kunci : ANFIS, Bahasa Isyarat, KNN, Penerjemah suara, Pengenalan pola, Penyandang disabilitas, Skin detection, TTS.

ABSTRACT

Sign language is a communication medium used by disabilities person in exchanging messages. Sign language is in the form of hand gesture where each movement has a different pattern and meaning. Sign language can only be understood by disability person and volunteers, while the number of volunteers became less and less. In understanding the pattern and meaning of the hand gestures built a sign language interpreter application. The aim of this research is to help persons with disabilities interact freely with the general public. The application translates the user's hand movements into recognition results in the form of text and voice. The steps implemented in the development include capturing hand gestures using a webcam, recognition, and voice translation. At the introduction stage, there are several sub-processes, namely segmenting the captured images by applying skin detection as a method to obtain hand objects and the ANFIS method as determining hand movement groups. Another sub-process, performs the classification process using the K-NN method with input in the form of area features that produce alphabetic text. TTS is applied to create a voice in the application. This method processes the classified text by comparing the text phonemes and wav files to get the translated sound. Applications can in real time translate hand gestures from the webcam into text and voice.

Keywords: ANFIS, Sign Language, KNN, Voice translator, Pattern recognition, Disabilities person, Skin Detection, TTS.

PENDAHULUAN

Komunikasi merupakan sebuah cara yang digunakan untuk berinteraksi antara satu dengan yang lainnya. Komunikasi yang efektif terjadi apabila pesan disampaikan oleh pengirim dapat diterima dengan baik oleh *receiver*. Berdasarkan pada pesan, interaksi akan terjadi karena adanya pertukaran pesan secara terus menerus sampai pada tujuan akhir mereka. Umumnya, pesan yang disampaikan berupa suara yang ditangkap oleh indra pendengar. Akan tetapi, hal ini menjadi suatu masalah bagi penyandang kebutuhan khusus atau disabilitas dengan cara komunikasi tersebut.

Penyandang disabilitas memiliki kebutuhan khusus dimana mereka kehilangan satu atau lebih indra pada diri mereka. Berdasarkan hal tersebut, mereka memiliki keterbatasan dalam berkomunikasi dengan masyarakat. Dampak lain yang diakibatkan yakni mereka merasa rendah diri untuk bersosialisasi dengan masyarakat luas. Mereka merasa bahwa masyarakat tidak memahami cara komunikasi yang mereka gunakan. Cara komunikasi penyandang disabilitas adalah mereka menggunakan bahasa isyarat berupa gerakan tangan sebagai pesan. Bahasa isyarat sebagai alat komunikasi mereka dalam berinteraksi. Bahasa isyarat memiliki beberapa ragam diantaranya Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) [1][2], Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) [2][3], Bahasa Isyarat Amerika (ASL) [4], Bahasa Isyarat Malaysia [5], dan Bahasa Isyarat lainnya [6][7][8] karena setiap negara memiliki bahasa isyarat masing-masing.

Masalah lain penyebab terasingkannya penyandang disabilitas adalah kurangnya *volunteer* yang menjadi jembatan komunikasi antara penyandang disabilitas dengan masyarakat. Keberadaan *volunteer* sangat penting dikarenakan *volunteer* sebagai penerjemah gerakan tangan penyandang disabilitas. Setiap gerakan tangan (pesan) yang disampaikan oleh penyandang disabilitas akan diterjemahkan menjadi pesan suara oleh *volunteer*. Dalam

menanggapi semakin menurunnya jumlah *volunteer*, media komunikasi merupakan salah satu pilihan yang telah dikembangkan. Dengan memanfaatkan teknologi informasi, media komunikasi mengarah kepada pembangunan aplikasi [9][10]. Hal tersebut juga lebih menarik pengguna atau masyarakat dengan adanya media komunikasi yang interaktif yakni interaksi manusia dengan komputer (HCI).

Beberapa aplikasi telah dikembangkan sebagai alat penerjemah Bahasa Isyarat [11] ke dalam teks. Pada kasus Bahasa isyarat, tangan merupakan objek yang menjadi poin utama. Pemilihan metode *skin detection* diterapkan dalam mendapatkan objek tangan yang tepat disertai penerapan KNN sebagai metode klasifikasi [12]. Pemilihan metode *skin detection* dapat mendeteksi letak objek tangan dari background gambar. Penerapan metode PCA dipilih dalam pembangunan aplikasi penerjemah Bahasa Isyarat pada Bahasa Indonesia (BISINDO) [1]. Metode PCA digunakan sebagai metode dalam memanipulasi gambar. Penelitian ini hanya menerjemahkan gerakan tangan ke dalam bentuk teks saja. Metode lain yang diterapkan guna mengolah gambar yakni dengan memanfaatkan bentuk tangan dimana setiap gerakan memiliki *gesture* yang berbeda [13]. Penelitian ini memfokuskan pada bagaimana mengolah gambar dengan melihat pada objek tersebut sehingga tidak memerlukan metode pengolahan gambar yang kompleks. Aplikasi lain yang dirancang berbasis mobile yakni menerjemahkan secara otomatis Bahasa Sungailiat ke Bahasa Indonesia [14]. Penelitian ini [14] telah berhasil membuat sebuah aplikasi dengan luaran suara dan teks akan tetapi Bahasa yang diteliti hanya Bahasa sungailiat dimana Bahasa sungailiat dipahami masyarakat Bangka saja.

Berdasarkan beberapa masalah yang telah dijabarkan diatas dan beberapa aplikasi yang telah dibangun sebelumnya, tujuan penelitian ini ialah mengembangkan aplikasi penerjemah sebagai media komunikasi yang memudahkan

penyandang disabilitas dan masyarakat dalam melakukan interaksi tanpa bantuan *volunteer*. Aplikasi ini merupakan pengembangan sistem yang telah penulis lakukan sebelumnya. Peneliti telah membangun sistem dalam melakukan segmentasi [15] dan juga klasifikasi [13] pada ASL. Aplikasi sebelumnya yang telah dikerjakan peneliti hanya sampai pada proses klasifikasi gerakan tangan ke dalam bentuk teks. Pada penelitian ini, penulis mengembangkan aplikasi yang tidak hanya menghasilkan teks akan tetapi terdapat suara sebagai terjemahan hasil teks. Penelitian ini difokuskan pada menerjemahkan gerakan isyarat tangan pada Bahasa isyarat amerika (ASL)

METODE

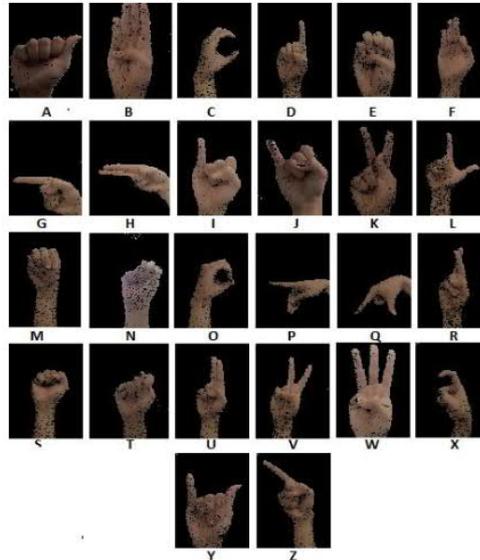
Aplikasi penerjemah Bahasa ini dibangun dengan pengguna yang secara langsung (*real time*) berinteraksi dengan sistem. Usulan tahapan pengembangan ditunjukkan pada Gambar 1. Bahasa Isyarat yang akan diterjemahkan pada aplikasi ini merupakan ASL. ASL memiliki 26 Bahasa Isyarat Tangan (Gambar 2) yang mewakili huruf alfabet A – Z.



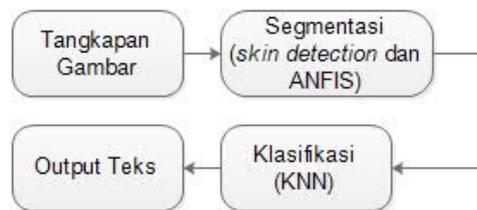
Gambar 1. Gambaran umum sistem.

Keunggulan aplikasi yang dibangun ialah aplikasi secara *real time* menangkap gerakan tangan pengguna dengan *webcam*. Pengguna menempatkan tangan pada *webcam* yang telah disediakan dengan posisi tangan dari pergelangan sampai pada ujung jari. Pemilihan bagian tersebut didasarkan pada data pembelajaran yang sebelumnya telah ditentukan oleh penulis. Kelebihan lain dari sistem yang dibangun adalah

pengguna tidak perlu menggunakan sarung tangan atau alat bantu lain untuk memudahkan proses pengenalan.



Gambar 2. ASL [15].



Gambar 3. Blok diagram pengenalan gerakan tangan.

Berdasarkan pada hasil tangkapan gambar menggunakan *webcam*, gambar akan diolah menerapkan proses pengenalan. Diagram blok pengenalan dapat dilihat pada Gambar 3 dan proses pengenalan dapat dilihat pada Gambar 4. Tujuan dari proses ini adalah mengolah gambar menjadi teks alfabet. Pertama, sistem akan mengubah ukuran tangkapan gambar menjadi 400x300 piksel. Tahap ini dilakukan bertujuan untuk memudahkan aplikasi dalam mengolah hasil tangkapan gambar tersebut ke tahap selanjutnya. Selanjutnya tahap segmentasi diterapkan, segmentasi merupakan teknik pemisahan objek tangan dengan latar belakang gambar. Tahap ini sangat penting karena menentukan pengambilan objek yang tepat guna mendapatkan hasil yang akurat. Metode *skin detection* telah penulis usulkan dengan memanfaatkan

ruang warna HSV dan YCbCr. Penulis mendapatkan bahwa dengan memberikan kondisi pada saluran warna Cb, Cr dan Hue dapat mendapatkan objek kulit dengan baik [15]. Pada tahap segmentasi ini, penulis melakukan pengelompokan gerakan tangan berdasarkan pada kemiripan bentuk dengan menerapkan metode Adaptive Network Fuzzy Inference System (ANFIS) dan ekstraksi fitur bentuk. Fitur bentuk yang dipilih dalam penelitian diantaranya *slimness*, *roundness*, dan *rectangularity*. *Slimness* merupakan fitur yang ditentukan dari rasio antara tinggi dan lebar dari tangan. L_p adalah panjang dari gambar tangan dan W_p adalah lebar gambar tangan. Perhitungan *slimness* dapat dilihat pada persamaan 1.

$$\text{slimness} = \frac{L_p}{W_p} \quad (1)$$

Roundness dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan 2 dimana A adalah keseluruhan area gambar dan P adalah keliling gambar.

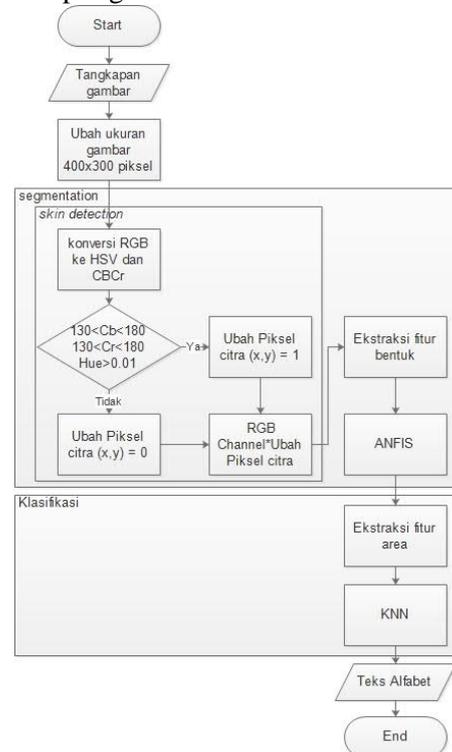
$$\text{roundness} = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (2)$$

Rectangularity merupakan ilustrasi dari kemiripan dari bentuk tangan dengan memanfaatkan kotak berukuran persegi panjang. Untuk mendapatkan fitur ini dihitung dengan persamaan 3:

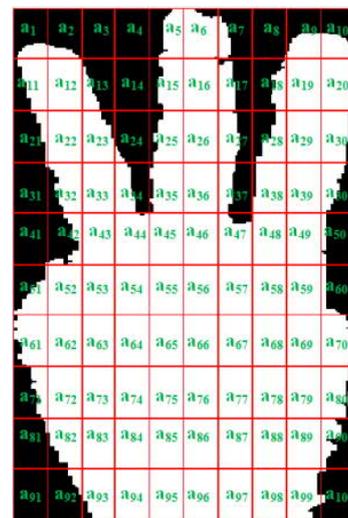
$$\text{rectangularity} = \frac{L_p W_p}{A} \quad (3)$$

Klasifikasi adalah tahap akhir dalam proses pengenalan. Tahap ini akan memproses hasil segmentasi berupa grup ke dalam kelas alfabet. Kelas telah ditentukan berdasarkan jumlah alfabet A-Z. Untuk mendapatkan hasil tersebut, metode K-NN diterapkan dengan fitur area [13]. Fitur area didapatkan dengan membagi gambar hasil segmentasi menjadi beberapa bagian. Ilustrasi pembagian area dapat dilihat pada Gambar 5. Sedangkan metode klasifikasi, K-NN adalah salah satu metode klasifikasi dengan mencari jarak terdekat antara data pembelajaran dengan objek data uji [16]. Perhitungan jarak dilakukan dengan mencari perhitungan kemiripan

yang dihitung dengan *euclidean distance* [17]. Data uji didapatkan dari hasil tangkapan gambar dan telah di olah pada tahap segmentasi.



Gambar 4. Proses pengenalan gerakan tangan.



Gambar 5. Fitur area [13].

Teks alfabet hasil dari proses pengenalan selanjutnya akan dilakukan proses konversi untuk mendapatkan perubahan dari teks menjadi suara terjemahan. Proses konversi dilakukan dengan menggunakan sistem *Text To Speech (TTS)*. TTS adalah sebuah teknik

yang berfungsi menciptakan sinyal suara yang berasal dari masukan teks [18]. Keunggulan teknik ini ialah penerapan TTS hanya membutuhkan sedikit memori dan mudah diatur [19]. Ilustrasi konversi dapat dilihat pada Gambar 6. File suara terlebih dahulu dibuat dalam format wav dengan jumlah total 26 file dan disimpan dalam database. Jumlah tersebut didasarkan pada huruf alfabet dari A sampai Z [20]. Dalam penentuan kesamaan antara teks dengan file wav, komparasi antara fonem teks dengan file wav dilakukan. Terakhir, suara akan dimainkan dengan penggabungan antara ekstraksi fonem teks dengan file wav yang sesuai.

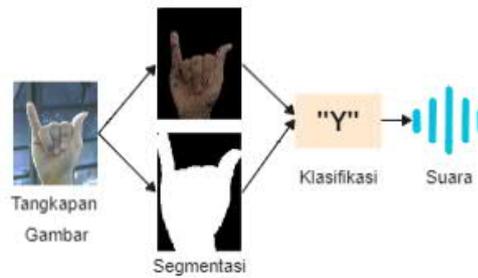


Gambar 6. Proses penerjemah suara

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, data uji yang digunakan sebanyak 130 mewakili 5 buah data pada setiap huruf alfabet. Data uji berasal dari hasil tangkapan gambar pengguna melalui *webcam*. Sedangkan data pembelajaran didapatkan oleh penulis dengan mengambil gambar tangan orang secara acak menggunakan *webcam* yang sama. Terlebih dahulu penulis telah mendapatkan ijin untuk mengambil gambar tangan tersebut. Tujuan pengambilan gambar pembelajaran secara acak ialah agar mendapatkan data pembelajaran dengan berbagai objek tangan yang berbeda atau keragaman data pembelajaran. Ilustrasi hasil aplikasi penerjemah dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil tahap segmentasi dari tangkapan

gerakan tangan pengguna menggunakan *webcam* dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 7. Ilustrasi sistem

Tabel 1. Hasil Segmentasi [15].

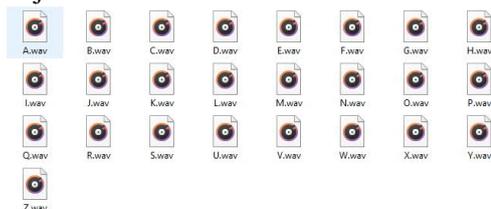
Epoch	Fase	MSE	Grup
5	Training	2.49	112
	Testing	3.07	95
10	Training	2.22	113
	Testing	2.19	105
100	Training	2.49	112
	Testing	3.33	92

Tahap segmentasi dilakukan dengan menggunakan nilai epoch yang berbeda pada metode ANFIS guna untuk mendapatkan hasil maksimal. Nilai epoch yang ditetapkan yakni 5, 10 dan 100. Dengan menerapkan nilai epoch tersebut, dilakukan segmentasi pada fase *training* dengan data pembelajaran dan fase *testing* dengan data uji hasil tangkapan gambar *webcam*. Pada fase *training*, nilai epoch 5 dan 100 mendapatkan hasil sebanyak 112 data pembelajaran dapat tersegmentasi dengan baik dan 18 data pembelajaran tidak dapat tersegmentasi. Sedangkan pada nilai epoch 10, didapatkan hasil yang lebih baik walaupun hanya selisih 1 data yakni sebesar 113 data pembelajaran dapat tersegmentasi dan menyisakan 17 data pembelajaran tidak dapat tersegmentasi. Fase *training* dilakukan untuk melatih nilai – nilai fitur yang telah dihitung menggunakan ekstraksi fitur bentuk yang kemudian diberikan label grup.

Pada fase *testing*, gambar akan dilakukan proses ekstraksi fitur bentuk dan selanjutnya dilakukan penentuan grup dengan mencocokkan dengan data pembelajaran yang telah dilabeli. Dalam fase ini, didapatkan bahwa hasil maksimal dengan jumlah data tersegmentasi terbanyak adalah nilai epoch 10 yakni 105 data uji. Jumlah tersebut menandakan bahwa sebanyak

105 data uji telah berhasil tersegmentasi sedangkan 25 data uji tidak dapat tersegmentasi. Pada nilai epoch 5 didapatkan total data uji yang berhasil tersegmentasi sebanyak 95 data uji dan 35 data uji tidak dapat tersegmentasi. Sedangkan pada epoch 100 sebanyak 92 data uji dapat tersegmentasi dengan baik dan data yang tidak dapat tersegmentasi sebesar 38 data uji. Ini menandakan bahwa, tidak selamanya nilai epoch tinggi akan mendapatkan hasil yang baik. Hal tersebut akan menjadi masalah pula apabila nilai epoch terlalu tinggi yakni membuat waktu komputasi menjadi lama.

Berdasarkan pada nilai epoch tersebut, hasil segmentasi pada fase *testing* akan digunakan untuk memproses ke tahap klasifikasi. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa metode K-NN digunakan dalam penentuan jarak terpendek dengan fitur area sebagai masukannya. Hasil tahap klasifikasi berupa teks alfabet A sampai Z yang selanjutnya akan di olah menjadi luaran suara. Pada proses terjemahan, terlebih dahulu dibuat database file suara dari keseluruhan huruf seperti pada Gambar 7. Teks hasil klasifikasi akan dikomparasikan dengan file wav yang telah tersedia dalam database. Tabel 2 menunjukkan hasil klasifikasi dan hasil terjemahan.



Gambar 7. File wav

Tabel 2. Hasil Klasifikasi dan Terjemahan

Epoch	Fase	MSE	Grup	Teks & suara	Akurasi
5	Testing	3.07	95	90	69.30%
10	Testing	2.19	105	105	80.77%
100	Testing	3.33	92	92	70.77%

Hasil akurasi tersebut didapatkan dari keseluruhan data uji yang telah melewati tahap segmentasi. Hal ini juga menandakan bahwa data uji yang tidak dapat tersegmentasi secara otomatis tidak akan dapat dikenali dan diterjemahkan ke

dalam bentuk teks dan suara. Pada nilai epoch 5, jumlah yang dapat tersegmentasi sebanyak 95 data uji akan tetapi pada tahap klasifikasi dan terjemahan 5 data uji dikenali dengan teks dan suara yang salah sehingga menyisakan 90 data uji yang berhasil dikenali dengan teks dan suara yang benar dan mendapatkan akurasi sebesar 69.30%. Sedangkan pada nilai epoch 10 dan 100 berhasil dikenali dan diterjemahkan dengan sempurna yang membuat nilai akurasi epoch 10 sebesar 80.77% dan nilai akurasi epoch 100 sebesar 70.77%.

SIMPULAN

Aplikasi penerjemah Bahasa isyarat dimana Bahasa isyarat yang digunakan berupa gerakan tangan yang merepresentasikan 26 huruf alfabet dari A sampai Z. Aplikasi ini merupakan pengembangan sistem yang telah penulis lakukan sebelumnya dalam pengenalan gerakan tangan. Aplikasi akan menerjemahkan gerakan tangan pengguna ke dalam bentuk teks dan suara. Penulis menggunakan 130 data uji yang mencakup 5 data uji disetiap huruf alfabet. Sedangkan data pembelajaran, penulis mengambil secara acak tangkapan gambar tangan orang menggunakan *webcam*. Pada tahap segmentasi, penulis menerapkan metode *skin detection* dan metode ANFIS dengan masukan ekstraksi fitur bentuk untuk menentukan grup. Pada tahap ini dilakukan perhitungan untuk fase *training* dan fase *testing*. Fase *training* didapatkan hasil tersegmentasi terbaik dengan sebanyak 113 data pembelajaran dapat tersegmentasi dan 17 data pembelajaran tidak dapat tersegmentasi. Sedangkan pada fase *testing*, sebanyak 105 data uji dapat tersegmentasi dan 25 data uji tidak dapat tersegmentasi. Kedua fase tersebut mendapatkan hasil terbaik pada nilai *epoch* 10.

Tahap klasifikasi dan terjemahan dilakukan dengan menerapkan metode KNN dengan masukan ekstraksi fitur area dan TTS sebagai metode penciptaan suara. Pada hasil terjemahan, aplikasi dapat menerjemahkan secara sempurna pada nilai epoch 10 dan 100. Berdasarkan

pada kedua nilai epoch tersebut, didapatkan hasil terbaik pada nilai epoch 10 yakni sebesar 80.77 % dengan 105 data uji dapat diterjemahkan secara sempurna. Sedangkan terdapat 5 data uji yang tidak dapat diterjemahkan pada nilai epoch 5. Ini menandakan bahwa pendekatan yang diusulkan penulis dapat menerjemahkan secara baik karena 105 data uji pada nilai epoch 10 merupakan keseluruhan data uji hasil dari proses segmentasi.

SARAN

Aplikasi yang dibangun menggunakan Bahasa isyarat Amerika sebagai gerakan tangan dan tidak menggunakan BISINDO. Pada tahap segmentasi didapatkan 25 data uji tidak dapat tersegmentasi menyebabkan 25 data tersebut tidak dapat pula dikenali pada tahap pengenalan. Penulis akan menggunakan pendekatan yang berbeda dalam pemilihan metode segmentasi dengan harapan dapat memperbaiki hasil segmentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. I. Borman and B. Priyopradono, "Implementasi Penerjemah Bahasa Isyarat Pada Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Dengan Metode Principal Component Analysis (PCA)," *J. Pengemb. IT*, vol. 03, no. 1, pp. 103–108, 2018.
- [2] A. S. Nugraheni, A. P. Husain, and H. Unayah, "Optimalisasi penggunaan bahasa isyarat dengan sibi dan bisindo pada mahasiswa difabel tunarungu di prodi pgmi uin sunan kalijaga," *HOLISTIKA J. Ilm. PAUD*, pp. 28–33, 2021.
- [3] D. Gustiar, D. M. Midyanti, and S. H. Sitorus, "Penerjemahan Bahasa Isyarat Menggunakan Metode Generalized Learning Vector Quantization (Glvq)," *Coding J. Komput. dan Apl.*, vol. 8, no. 3, p. 1, 2020, doi: 10.26418/coding.v8i3.42156.
- [4] H. N. Sutanto, "Aplikasi Pembelajaran Bahasa Isyarat Untuk Tuna Wicara Dengan Standar American Sign Language Hanny Novitasari Sutanto," *J. Ilm. Mhs. Univ. Surabaya*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2014.
- [5] M. Nadhir, A. Nasir, A. Nur, and A. Erman, "LEGAL AND POLICY BASIS FOR BAHASA ISYARAT MALAYSIA," *Int. J. LAW, Gov. Commun.*, vol. 5, no. 21, pp. 45–57, 2020, doi: 10.35631/IJLGC.521005.
- [6] J. Kotowicz, B. Woll, and R. Herman, "Adaptation of the British Sign Language Receptive Skills Test into Polish Sign Language," *Lang. Test.*, vol. 38, no. 1, pp. 132–153, Jun. 2020, doi: 10.1177/0265532220924598.
- [7] S. T. Hassan, J. A. Abolarinwa, C. O. Alenoghena, S. A. Bala, M. David, and P. Enenche, "Intelligent Sign Language Recognition Using Image Processing Techniques: A Case of Hausa Sign Language," *ATBU J. Sci. Technol. Educ. Vol 6, No 2*, 2018, [Online]. Available: <http://www.atbuftejoste.com/index.php/joste/article/view/536>.
- [8] I. R. Rodríguez-Ortiz *et al.*, "A Spanish Sign Language (LSE) Adaptation of the Communicative Development Inventories," *J. Deaf Stud. Deaf Educ.*, vol. 25, no. 1, pp. 105–114, Jan. 2020, doi: 10.1093/deafed/enz033.
- [9] Nuryazid, "Pengembangan Aplikasi Kamus Bahasa Isyarat Indonesia (Bisindo) Dengan Mengintegrasikan Cloud Video," *Jur. Tek. Elektro Univ. Negeri Semarang*, vol. 4, no. 1, 2016.
- [10] S. A. Nurpiena, E. S. Wihidayat, and A. Budianto, "Developing Indonesia Sign Language (BISINDO) Application with Android Based for Learning Sign Language," *J. Informatics Vocat. Educ.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–11, 2021.
- [11] M. Jin, C. Zaid, O. Mohamed, and H. Jaward, "A review of hand gesture and sign language

- recognition techniques,” *Int. J. Mach. Learn. Cybern.*, vol. 10, no. 1, pp. 131–153, 2019, doi: 10.1007/s13042-017-0705-5.
- [12] T. J. McBride, N. Vandayar, and K. J. Nixon, “A Comparison of Skin Detection Algorithms for Hand Gesture Recognition,” in *2019 Southern African Universities Power Engineering Conference/Robotics and Mechatronics/Pattern Recognition Association of South Africa (SAUPEC/RobMech/PRASA)*, 2019, pp. 211–216, doi: 10.1109/RoboMech.2019.8704839.
- [13] F. A. Mufarroha and F. Utaminingrum, “Hand gesture recognition using adaptive network based fuzzy inference system and K-nearest neighbor,” *Int. J. Technol.*, vol. 8, no. 3, pp. 559–567, 2017, doi: 10.14716/ijtech.v8i3.3146.
- [14] M. Akmaliah, “Perancangan Aplikasi Penerjemah Otomatis Bahasa Sungailiat Kabupaten Bangka Ke Bahasa Indonesia,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [15] F. A. Mufarroha, F. Utaminingrum, and W. F. Mahmudy, “Segmentation algorithm to determine group for hand gesture recognition,” *J. Telecommun. Electron. Comput. Eng.*, vol. 9, no. 2–8, pp. 13–17, 2017.
- [16] F. T. Timbane, S. Du, and R. Aylward, “Hand Gesture Recognition Based on the Fusion of Visual and Touch Sensing Data BT - Advances in Visual Computing,” 2020, pp. 483–493.
- [17] F. A. Mufarroha, D. R. Anamisa, and A. G. Hapsani, “Content Based Image Retrieval Using Two Color Feature Extraction,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1569, p. 32072, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1569/3/032072.
- [18] S. Sawant and M. Deshpande, “English Text to Speech Synthesizer Using Concatenation Technique,” in (*eds*) *Advances in Computing and Data Sciences. ICACDS 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 905*, 2018, pp. 471–480, doi: 10.1007/978-981-13-1810-8.
- [19] A. Jacob and P. Mythili, “Developing a Child Friendly Text-to-Speech System,” *Adv. Human-Computer Interact.*, vol. 2008, pp. 1–6, 2008, doi: 10.1155/2008/597971.
- [20] R. S. S. Kumari and S. Sangeetha, “Conversion of English Text- To-Speech (TTS) using Indian Speech Signal 2 Proposed System,” *Math. Comput. Methods Electr. Eng.*, vol. 4, pp. 75–79, 2015.