

Pengenalan Gerakan Isyarat Bahasa Indonesia Menggunakan Algoritma SURF dan K-Nearest Neighbor

Nur Amalia Hasma^{#1}, Fitri Arnia^{*2}, Rusdha Muharar^{#3}, Masduki Khamdan Muchamad^{#4}

¹²³⁴Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia

¹nuramaliahasma92@gmail.com

²f.arnia@unsyiah.ac.id

³r.muhaarar@unsyiah.ac.id

⁴masduki@unsyiah.ac.id

Abstrak— Berkomunikasi adalah kebutuhan dasar setiap manusia untuk berinteraksi satu sama lain. Dalam kehidupan sehari-hari, manusia menggunakan komunikasi verbal untuk berinteraksi. Namun tidak setiap orang mampu menggunakan komunikasi secara verbal, seperti tuna rungu dan tuna wicara. Terdapat keterbatasan ketika melakukan komunikasi antara orang normal dengan tuna rungu dan tuna wicara dikarenakan kurangnya pemahaman mengenai bahasa isyarat. Pada penelitian ini dilakukan pengenalan bahasa isyarat, berupa isyarat huruf dan angka (SIBI) dengan memanfaatkan teknik pengolahan citra. Proses pengenalan dilakukan dengan menggunakan algoritma Speeded Up Robust Features (SURF) sebagai metode ekstraksi fitur dan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) sebagai metode klasifikasi. Pengujian akurasi digunakan metode k-fold Cross Validation. Uji akurasi menggunakan 10-fold Cross Validation untuk menentukan nilai K. Dengan menggunakan nilai $K = 7$ didapatkan hasil akurasi tertinggi untuk pengenalan Gerakan Isyarat Bahasa Indonesia dengan persentase 90%.

Kata Kunci— Bahasa Isyarat, SIBI, SURF, K-NN, k-fold Cross Validation.

I. PENDAHULUAN

Bahasa isyarat merupakan teknik komunikasi non verbal yang tidak menggunakan suara sebagai sarana dalam berkomunikasi, melainkan lebih pada menggunakan bentuk dan arah tangan, pergerakan tangan dan bibir, serta ekspresi wajah untuk memahami maksud yang ingin disampaikan oleh sang penutur kepada lawan bicaranya. Untuk berkomunikasi dengan para tuna rungu dan tuna wicara dibutuhkan pihak ketiga yang bertindak sebagai penerjemah untuk menginterpretasikan maksud yang ingin disampaikan, atau dapat juga menggunakan kamus bahasa isyarat yang memerlukan banyak waktu dalam mengartikan kata per kata. Penggunaan buku dan alat tulis terkadang digunakan untuk lebih mempermudah dalam berkomunikasi antara tuna rungu dan tuna wicara dengan orang normal. Di Indonesia terdapat dua sistem bahasa isyarat yang digunakan yaitu, Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dan Berkenalan Dengan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (BISINDO). Isyarat SIBI

merupakan sistem isyarat yang dibakukan oleh pemerintah untuk menghubungkan komunikasi antara tuna rungu dan tuna wicara dengan orang normal. Sedangkan BISINDO merupakan bahasa isyarat alami tuna rungu yang sering digunakan untuk berkomunikasi dalam kehidupan sehari-hari.

Bahasa isyarat merupakan suatu bidang penelitian yang melibatkan bidang pengenalan pola, penglihatan komputer, dan pemrosesan bahasa alami. Penelitian pengenalan bahasa dibagi menjadi isyarat gerakan tangan statis dan dinamis. Isyarat tangan statis diartikan sebagai konfigurasi tanda isyarat tangan dan pose yang direpresentasikan dalam bentuk gambar, sedangkan isyarat tangan dinamis diartikan sebagai tanda isyarat tangan yang bergerak yang direpresentasikan oleh urutan gambar video. Penelitian mengenai pengenalan bahasa isyarat Indonesia juga sudah banyak dilakukan, baik isyarat BISINDO (Berkenalan Dengan Sistem Isyarat Indonesia) dan isyarat SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia). Pada penelitian ini dilakukan pengenalan gerakan Bahasa Indonesia untuk isyarat abjad dan isyarat angka berdasarkan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI). Dari uraian latar belakang yang telah dijelaskan, tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan algoritma Speeded Up Robust Features (SURF) dan algoritma K-NN dalam melakukan pengenalan gerakan isyarat Bahasa Indonesia. Kemudian dilakukan perhitungan tingkat akurasi pengenalan yang didapatkan menggunakan metode k-fold Cross Validation. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi media pembelajaran usia dini bagi siswa-siswi yang bersekolah di Sekolah Luar Biasa (SLB).

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam melakukan penelitian mengenai pengenalan Bahasa Isyarat menggunakan teknik pengolahan citra terdapat berbagai penelitian serupa yang sudah pernah dilakukan. Seperti penelitian yang dilakukan pada [2] model penerjemah bahasa isyarat Indonesia dari video menggunakan Hybrid Method. Penelitian dilakukan dengan mengekstraksi video menjadi frame. Dari frame yang telah diekstraksi kemudian digabungkan menjadi sebuah matriks. Proses ekstraksi fitur

dilakukan dengan menggunakan algoritma Speeded Up Robust Features (SURF) dengan mengekstraksi ciri menggunakan titik-titik fitur yang kuat dan stabil dalam piksel, dan mencocokkannya dengan data uji.

Algoritma Principal Component Analysis (PCA) digunakan untuk mereduksi ukuran data untuk mengurangi waktu komputasi. Untuk klasifikasi digunakan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN). Hasil yang didapatkan dengan menggabungkan tiga algoritma adalah 0,55% dikarenakan penggunaan kombinasi metode ekstraksi yang kurang tepat sehingga belum didapatkan hasil yang optimal dalam mengenali dan mengklasifikasikan data isyarat. Pada penelitian [3] sign language interpreter hand using optical flow dilakukan dengan segmentasi warna dan segmentasi gerakan. Metode yang digunakan adalah optical flow untuk mendeteksi gerakan tangan dan tubuh sebagai objek dengan sarung tangan merah sebagai penandanya. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan 20 jenis kata yang berbeda didapatkan hasil 65,5%.

Pada penelitian [4] pengenalan isyarat tangan statis pada Sistem Isyarat Bahasa Indonesia berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik. Penelitian dilakukan dengan melakukan tiga tahapan yang meliputi : segmentasi bagian citra yang dikenali berupa tangan dan wajah, melakukan ekstraksi ciri, dan klasifikasi pola. Proses segmentasi dilakukan dengan menggunakan filter HSV dengan ambang berdasarkan warna kulit. Algoritma Haar Filter Wavelet digunakan sebagai metode ekstraksi fitur ciri, dan Jaringan Syaraf Tiruan digunakan untuk metode klasifikasi. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, hasil pengenalan isyarat Bahasa Indonesia yang didapatkan adalah 69% dengan menggunakan 255 data validasi dan uji akurasi. Pada penelitian yang dilakukan [6] berjudul protipe pengenalan isyarat Bahasa Indonesia secara waktu nyata. Penelitian yang dilakukan menggunakan ruang warna HSV yang dikombinasikan dengan deteksi warna kulit untuk menghilangkan latar belakang yang kompleks untuk menghasilkan citra yang disegmentasi. Deteksi kontur digunakan untuk mendeteksi area tangan.

Algoritma Speeded Up Robust Features (SURF) sebagai metode ekstraksi fitur digunakan untuk mendeteksi fitur poin kunci dan mengenali masing-masing isyarat dengan membandingkannya dengan data yang tersimpan di database. Hasil pengenalan yang didapatkan dalam menterjemahkan gestur isyarat kedalam bentuk alfabet diperoleh rata-rata hasil pengenalan sebesar 63%. Pada penelitian [12] pengenalan alfabet Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dengan Speeded Up Robust Features (SURF) dan konversi menjadi suara, menggunakan tiga tahapan dalam melakukan proses pengenalan yaitu, melakukan segmentasi warna kulit berdasarkan ruang warna YCbCr untuk mengelompokkan pixel-pixel warna kulit, selanjutnya algoritma Speeded Up Robust Features (SURF) digunakan untuk mengenali pose tangan, dan eSpeak digunakan untuk mengkonversikan hasil pengenalan isyarat menjadi suara. Hasil pengujian yang didapatkan, akurasi pengenalan isyarat yang dihasilkan adalah 48,96%.

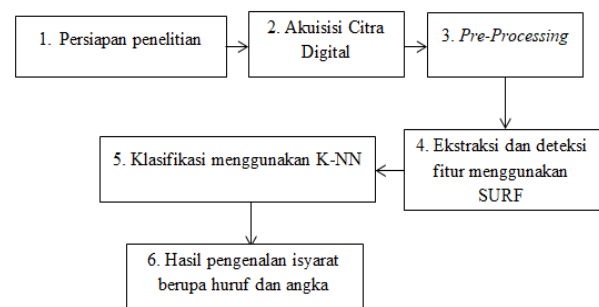
Penelitian selanjutnya [13] prototipe pengenalan bahasa isyarat abjad finger spelling menggunakan dua tahapan, yaitu deteksi gestur tangan dengan menggunakan ruang warna YCbCr dikombinasikan dengan deteksi warna kulit untuk menghasilkan citra tersegmentasi. Deteksi kontur digunakan untuk menentukan dan menyimpan area tangan. Tahap kedua adalah pengenalan isyarat abjad finger spelling dengan menggunakan algoritma Speeded Up Robust Features (SURF) dan Norm L2 untuk mengekstraksi fitur titik kunci dan melakukan klasifikasi terhadap citra isyarat dengan membandingkannya dengan citra isyarat pada basis data. Tingkat keberhasilan yang didapatkan dalam menterjemahkan abjad finger spelling menjadi kata atau kalimat secara waktu nyata adalah 74,21%. Pada penelitian [18] klasifikasi huruf isyarat menggunakan algoritma SURF dan Support Vector Machine dilakukan dengan melakukan ekstraksi ciri dan clustering data. Algoritma Speeded Up Robust Features (SURF) digunakan untuk mendeteksi titik-titik penting pada gambar untuk diambil cirinya. Semua ciri tersebut kemudian disusun berdasarkan kelasnya dan dilakukan clustering. Selanjutnya dibuat dataset baru yang berisi jumlah titik pada setiap cluster per kelasnya. Proses selanjutnya digunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) untuk dilakukan data training dan pengenalan isyarat. Hasil akurasi pengenalan yang didapatkan adalah 69%. Pada penelitian ini digunakan algoritma Speeded Up Robust Features (SURF) untuk melakukan proses deteksi fitur, deskripsi fitur, dan matching fitur. Algoritma SURF mampu mendeteksi titik fitur poin untuk mengenali masing-masing pose isyarat kemudian membandingkannya dengan data isyarat yang tersimpan di database. Algoritma K-NN dan k-fold Cross Validation digunakan untuk klasifikasi isyarat serta menghitung akurasi pengenalan yang didapatkan.

III. METODE

Penelitian yang dilakukan dalam pengenalan gerakan isyarat Bahasa Indonesia berdasarkan isyarat SIBI untuk isyarat huruf dan angka. Indikator kinerja yang digunakan adalah citra isyarat yang direkam menggunakan web camera dan diproses menggunakan teknik pengolahan citra.

A. Tahapan Penelitian

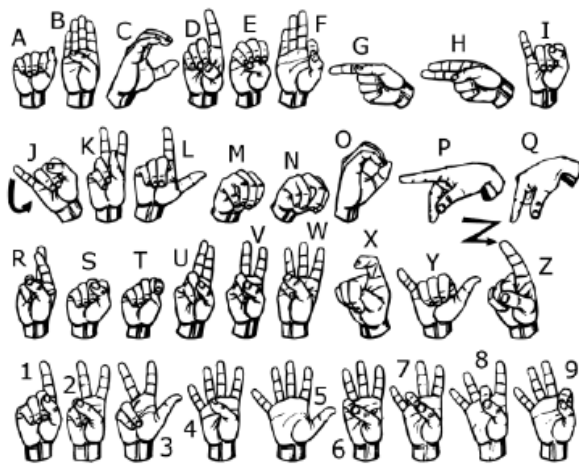
Tahapan penelitian yang dilakukan dalam pengenalan gerakan bahasa Indonesia ditampilkan dalam bentuk bagan pada gambar 1.



Gambar. 1 Tahapan Penelitian.

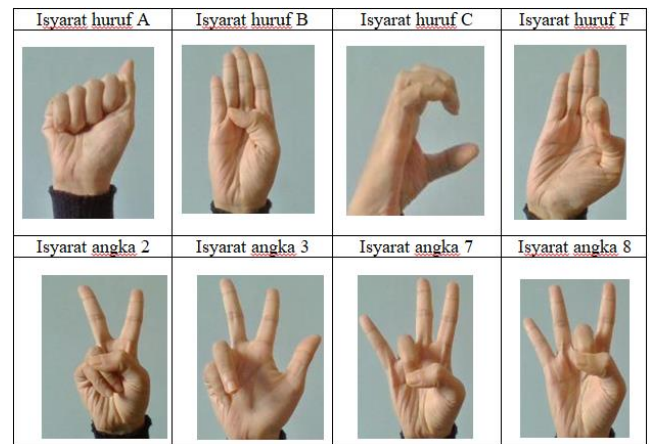
Dalam melakukan penelitian diperlukan bahan dan alat pendukung sebagai penunjang dalam melakukan penelitian. Bahan penelitian yang digunakan adalah bentuk isyarat yang diambil berdasarkan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI). Berikut ini dijelaskan mengenai tahapan penelitian yang dikerjakan seperti yang diperlihatkan pada gambar 1 :

1) *Persiapan Penelitian*: Persiapan penelitian awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengkaji penelitian sebelumnya yang relevan terhadap penelitian yang dikerjakan. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengumpulan data isyarat dari isyarat SIBI yaitu, isyarat abjad dan angka yang dibutuhkan sebagai acuan dalam melakukan proses akuisi citra digital dalam melakukan proses pengenalan. Pengumpulan data isyarat SIBI dilakukan dengan membaca beberapa literatur yang didapatkan melalui jurnal, atau sumber lainnya yang terdapat di internet. Gambar 2 adalah contoh bentuk isyarat abjad dan angka berdasarkan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI).



Gambar. 2 Isyarat SIBI

2) *Akuisisi Citra Digital*: Akuisisi citra digital dalam penelitian ini data citra yang akan diakuisisi adalah citra gestur isyarat Bahasa Indonesia berdasarkan isyarat SIBI. Proses pengambilan data menggunakan web camera untuk merekam masing-masing gestur isyarat dari huruf A sampai Z dan juga angka 1 sampai 9. Proses perekaman gestur isyarat dilakukan dengan menggunakan tangan kanan didalam ruangan dengan pencahayaan normal. Perekaman gestur dilakukan menggunakan software MATLAB R2015a yang ditangkap melalui web camera dengan format file video MJPG berukuran 320x240 pixel. Dari hasil akuisisi citra tersebut kemudian dibagi menjadi 40 data per masing-masing sampel isyarat untuk dijadikan sebagai data latih yang dimuat kedalam database dengan ekstensi .mat (Microsoft Access Format). Hasil perekaman isyarat SIBI yang digunakan dalam pengenalan isyarat Bahasa Indonesia ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar. 3 Akuisisi citra isyarat SIBI

3) *Pre-processing*: Gestur isyarat yang telah direkam selanjutnya disimpan pada media penyimpanan yang kemudian digunakan sebagai basis data. Proses awalnya adalah mengubah citra masukan yang sebelumnya berbentuk citra RGB menjadi citra grayscale. ROI (Region Of Interest) didapatkan berdasarkan area persegi panjang yang ditentukan sebagai vector, yang berfungsi dalam mendeteksi area tangan.

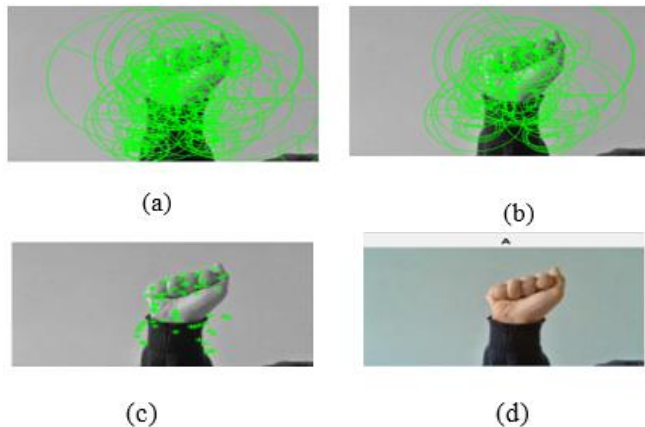
4) *Ekstraksi dan Deteksi Fitur*: Proses ekstraksi fitur menggunakan algoritma SURF dilakukan dengan menggabungkan antara algoritma integral image dan deteksi blob berdasarkan determinan Matriks Hessian. Proses pertama yang dilakukan adalah mendeteksi interest point untuk mendapatkan poin fitur. Proses deteksi interest point dilakukan dengan menggunakan blob detector. Proses yang dilakukan diawali dengan membaca citra isyarat masukan dan mengkonversinya menjadi citra grayscale. Dari citra grayscale tersebut kemudian dijadikan citra integral untuk mendeteksi interest point. Setelah dilakukan deteksi interest point berdasarkan fitur blob, dilanjutkan dengan melakukan proses deskripsi dan matching fitur dengan membandingkan citra masukan dengan data yang tersimpan pada database.

5) *Klasifikasi*: Proses klasifikasi dan uji akurasi dilakukan menggunakan algoritma K-NN dan metode cross validation, yaitu *k-fold Cross Validation*. Dalam melakukan proses klasifikasi dan uji akurasi diperlukan penentuan nilai K. Proses pengujian untuk menentukan nilai K dilakukan dengan menggunakan *10-fold Cross Validation*. Dari beberapa parameter nilai K yang ditentukan, dipilih nilai K yang ideal dan digunakan untuk klasifikasi dan uji akurasi.

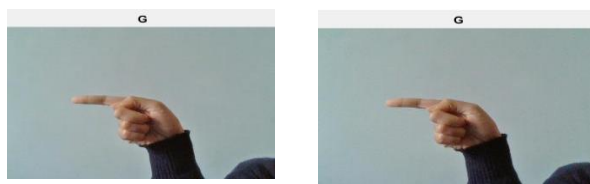
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dijelaskan hasil pengenalan gerakan isyarat Bahasa Indonesia menggunakan algoritma SURF dan K-NN.

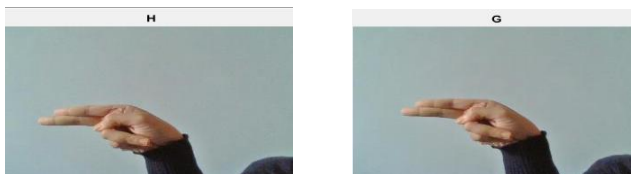
A. Pengujian Menggunakan Algoritma SURF



Gambar. 4 Pengenalan isyarat huruf A



Gambar. 5 Hasil Pengenalan yang benar



Gambar. 6 Hasil Pengenalan yang salah

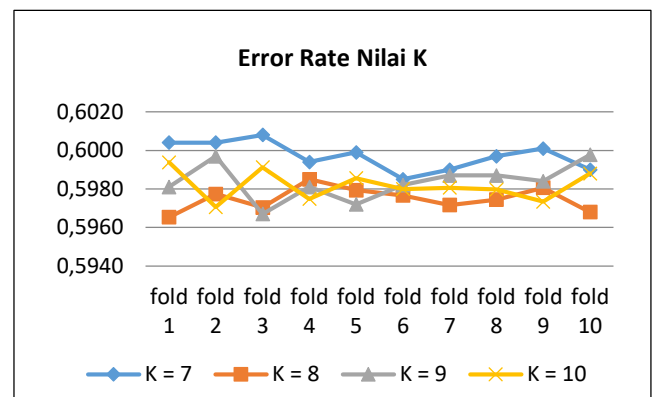
Berdasarkan hasil yang didapatkan pada gambar 4 untuk pengenalan isyarat huruf A, proses pertama yang dilakukan adalah memasukkan karakter isyarat yang ingin dikenali dan membandingkannya dengan isyarat yang tersimpan dalam database. Deteksi fitur diawali dengan mendeteksi interest point yang terdapat pada citra isyarat, yang kemudian dilanjutkan dengan deskripsi fitur dan matching fitur. Dari hasil yang ditampilkan pada gambar 4 diatas, jika kedua isyarat Bahasa Indonesia yang dikenali memiliki kemiripan fitur, maka isyarat huruf dan angka akan dikenali dan ditampilkan seperti pada gambar 4(d). Hasil pengenalan dikatakan berhasil apabila kedua isyarat yang dikenali memiliki kemiripan fitur seperti yang ditampilkan pada gambar 5 untuk pengenalan huruf G.

B. Pengujian Menggunakan Algoritma K-NN

Klasifikasi dan uji akurasi dilakukan dengan menggunakan algoritma K-NN dan metode *k-fold Cross Validation* dengan menerapkan beberapa parameter nilai K yang dilakukan sebanyak 10-fold validation. Selanjutnya nilai K yang ideal dipilih untuk dilakukan uji akurasi pengenalan gerakan isyarat Bahasa Indonesia. Proses pemilihan nilai K ideal untuk dilakukan uji akurasi pengenalan ditunjukkan pada tabel 1 dan grafik pada gambar 7.

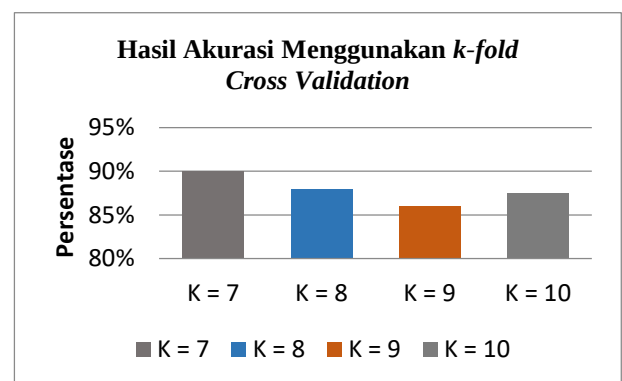
TABLE I
ERROR RATE NILAI K

Nilai K Fold	K= 7	K= 8	K= 9	K= 10
fold 1	0,6004	0,5965	0,5981	0,5994
fold 2	0,6004	0,5977	0,5997	0,5971
fold 3	0,6008	0,5970	0,5967	0,5991
fold 4	0,5994	0,5985	0,5981	0,5975
fold 5	0,5999	0,5979	0,5972	0,5986
fold 6	0,5985	0,5977	0,5982	0,5980
fold 7	0,5990	0,5972	0,5987	0,5981
fold 8	0,5997	0,5974	0,5987	0,5980
fold 9	0,6001	0,5981	0,5984	0,5973
fold 10	0,5990	0,5968	0,5998	0,5988



Gambar. 7 Error Rate Nilai K

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 7 nilai K = 7, K = 8, K = 9, dan K = 10 dipilih untuk proses uji akurasi dikarenakan memiliki persentase nilai error rate terendah. Nilai K tersebut selanjutnya digunakan dalam uji akurasi pengenalan gerakan isyarat Bahasa Indonesia. Hasil uji akurasi pengenalan isyarat Bahasa Indonesia ditampilkan pada gambar 8.

Gambar. 8 Hasil Uji AKurasi Menggunakan *k-fold Cross Validation*

Setelah dilakukan pengujian menggunakan nilai K = 7, K = 8, K = 9, dan K = 10 maka didapatkan hasil persentase pengenalan gerakan isyarat Bahasa Indonesia. Dimana nilai K = 7 memperoleh persentase akurasi pengenalan tertinggi dengan 90%, nilai K = 8 memperoleh persentase akurasi

pengenalan sebesar 88%, nilai $K = 9$ memperoleh persentase akurasi pengenalan sebesar 86%, dan nilai $K = 10$ memperoleh persentase akurasi pengenalan sebesar 87,5%. Uji akurasi pada isyarat Bahasa Indonesia didapatkan hasil yang berbeda-beda, dan tidak semua isyarat yang diuji akurasinya mendapatkan nilai persentase pengujian sebesar 100%. Hal tersebut dipengaruhi oleh kemiripan data isyarat yang diuji dengan data isyarat yang tersimpan di database ketika dilakukan pengujian.

C. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipaparkan, proses yang dilakukan dalam pengenalan gerakan isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dimulai dengan mengenali isyarat masukan yang digunakan sebagai acuan yang kemudian dibandingkan dengan citra isyarat yang telah disimpan didalam database. Tahapan tersebut dilakukan dengan mendeteksi interest point pada citra. Setelah dilakukan proses deteksi interest point, maka dilanjutkan dengan proses deskripsi fitur dan matching fitur. Proses matching fitur dalam pengenalan gerakan isyarat Bahasa Indonesia berfungsi untuk menyamakan fitur yang terdapat pada citra masukan dan citra yang dibandingkan berdasarkan kesamaan vektor fitur. Jika fitur yang didapat sama saat dilakukan proses fitur matching, maka dapat dikatakan bahwa kedua citra tersebut adalah mirip. Setelah dilakukan proses deteksi interest point, deskripsi fitur, dan matching fitur, maka dilanjutkan dengan klasifikasi dan uji

akurasi. Berdasarkan hasil dari matching fitur, citra yang dibandingkan akan diklasifikasikan sesuai dengan citra isyarat yang ditampilkan. Misalnya, citra yang ingin dikenali adalah isyarat huruf A. Jika hasil matching fitur dalam proses pengenalan huruf A adalah sama, maka akan diklasifikasikan sebagai huruf A. Namun apabila hasil dari matching fitur berbeda, maka huruf yang ditampilkan adalah huruf yang berbeda. Proses uji akurasi dilakukan menggunakan metode k-fold Cross Validation untuk menentukan nilai K yang ideal. Nilai $K = 7$, $K = 8$, $K = 9$, $K = 10$ dipilih untuk dilakukan uji akurasi pengenalan. Setelah dilakukan proses uji akurasi menggunakan masing-masing nilai K yang telah ditentukan, nilai $K = 7$ memperoleh hasil akurasi pengenalan tertinggi dengan persentase 90%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengenalan isyarat bahasa Indonesia berdasarkan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) menghasilkan tingkat akurasi pengenalan yang berbeda. Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan 10-fold validation dengan untuk mencari nilai K yang optimal. Berdasarkan nilai K optimal yang dipilih, hasil uji akurasi menggunakan nilai $K=7$ didapatkan akurasi pengenalan tertinggi dengan persentase 90%.

REFERENSI

- [1] Anwar, A. Basuki, R. Sigit, A. Rahagiyanto and M. Zikky, "Feature extraction for Indonesian Sign Language (SIBI) using leap motion controller," in 21st International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC), 2017, pp. 1-5.
- [2] A. D. Putri, "Model penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia dari video menggunakan Hybrid Method," skripsi, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Jakarta, Indonesia, Jul. 2019.
- [3] D. R. Kartika, R. Sigit and Setiawardhana, "Sign language interpreter hand using optical-flow," in International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (ISemantic), 2016, pp. 197-201.
- [4] F. Asriani dan S. Hesti, "Pengenalan isyarat tangan statis pada sistem isyarat Bahasa Indonesia berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik," MAKARA, TEKNOLOGI, Vol.14, No.2, pp. 150-154, November 2010.
- [5] F. Mandita, T. Anwar, and H. Malik Abdullah, "Comparison binary search and linear algorithm for German-Indonesian sign language using Markov Model," in Electrical Power, Electronics, Communications, Control and Informatics Seminar (EECCIS), 2014, pp. 111-115.
- [6] R. Hartanto, A. Susanto, and P. Insap Santosa, "Real time static hand gesture recognition system prototype for Indonesian Sign Language," in 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), 2014, pp. 1-6.
- [7] H. Bay, E. Andreas, T. Tinne, and G. V. Luc, "Speeded-Up Robust Features (SURF), Computer Vision and Image Understanding," Vol. 110, Issue 3, pp. 346 – 359, 2008.
- [8] Ika. (2018) Portal Berita Universitas Gadjah Mada, Inovasi Teknologi. [Online]. Available: <https://ugm.ac.id/id/berita/16386-mahasiswa-ugm-kembangkan-alat-penerjemah-bahasa-isyarat>.
- [9] I. G. R. A. Sugiarta, M. Sudharma, and I. M. O. Widyantara "Ekstraksi fitur warna, tekstur, dan bentuk untuk Clustered-Based Retrieval of Images (CLUE)", Teknik Elektro, Vol. 16, No.1, pp. 85-90, Januari-April 2017.
- [10] N. Sugianto, and F. Samopa, "Analisa manfaat dan penerimaan terhadap implementasi Bahasa Isyarat Indonesia pada latar belakang kompleks menggunakan Kinect dan Jaringan Syaraf Tiruan (Studi Kasus SLB Karya Mulya 1)", JUI SI, Vol. 1, No.01, pp. 56-72, Februari 2015.
- [11] P. Eko, DATA MINING - Mengolah Data Menjadi Informasi Menggunakan Matlab, Yogyakarta, CV. ANDI OFFSET, 2014.
- [12] P. Harry Murti Dwi Kurniawan, "Pengenalan Alfabet Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dengan Speeded Up Robust Features dan konversi menjadi suara," skripsi, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang, Indonesia, Sep. 2016.
- [13] R. Hartanto, A. Susanto, and P. Insap Santosa, "Prototipe Sistem Pengenalan Bahasa Isyarat abjad finger spelling," disertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, Jul. 2015.
- [14] E. S. Y. Pandie, "Sistem informasi pengambilan keputusan pengajuan kredit dengan algoritma K-Nearest Neighbor (studi kasus : koperasi simpan Pinjam)," Tesis, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, Jul. 2012.
- [15] S. Nuning, "Sistem klasifikasi citra makanan menggunakan representasi Anti Textons dan K-Nearest Neighbor," skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia, Jul. 2017.
- [16] Sumarlin, "Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor sebagai pendukung keputusan klasifikasi penerima beasiswa PPM dan BBM", Jurnal Sistem Informasi Bisnis, Vol. 01, pp. 52-62, bulan 2015.
- [17] F. Tempola, M. Muhammad, and A. Khairan, "Perbandingan klasifikasi antara KNN dan Naive Bayes pada penentuan status gunung berapi dengan K-Fold Cross Validation", Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK), Vol.5, No.5, pp. 577-584, Oktober 2018.