Neptunus: Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi
Vol. 2, No. 3 Agustus 2024
e-ISSN: 3031-898X; p-ISSN: 3031-8998, Hal 01-15
DOI : https://doi.org/10.61132/neptunus.v2i2.168

Pengolahan Citra Huruf Hijaiyah Menggunakan Algoritma *Support Vector Machine*

Lisa Amelia Putri[1] , Andriani Sitorus[2] , Nurul Fitriah[3] , Havni Virul[4] , Syawaliah Putri Rangkuti[5] , Supiyandi[6]
[1,2,3,4,5] Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan
[6] Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi
Email: [1]0701211003@uinsu.ac.id , [2]0701211002@uinsu.ac.id , [3]0701212089@uinsu.ac.id , [4]0701213182@uinsu.ac.id , [5]0701212218@uinsu.ac.id , [6]supiyandi.mkom@gmail.com

Abstract. *Hijaiyah letters are the alphabet used in Arabic and the Koran. Automatic recognition of hijaiyah letters has many benefits, especially in the fields of education and learning Arabic and the Koran. This research aims to classify hijaiyah letter recognition using image processing techniques and the Support Vector Machine (SVM) algorithm. We collected a dataset of images of 5 hijaiyah letters with a total of 400 images obtained from Google and also Iqro'. The train:test ratio is 8:2. Experimental results show that the proposed approach can achieve high accuracy in recognizing hijaiyah letters with an accuracy rate of 99.16%.*

Keywords*: Image Processing, Hijaiyah Letters, Support Vector Machine (SVM), Classification.*

Abstrak. Huruf hijaiyah merupakan abjad yang digunakan dalam bahasa Arab dan Al-Qur'an. Pengenalan huruf hijaiyah secara otomatis memiliki banyak manfaat, terutama dalam bidang pendidikan dan pembelajaran bahasa Arab serta Al-Qur'an. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan klasifikasi terhadap pengenalan huruf hijaiyah menggunakan teknik pengolahan citra dan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). Kami mengumpulkan *dataset* gambar huruf hijaiyah sebanyak 5 huruf dengan jumlah secara keseluruhan ada 400 citra yang didapat dari Google dan juga Iqro'. Rasio *train:test* adalah sebesar 8:2. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pendekatan yang diusulkan dapat mencapai akurasi yang tinggi dalam pengenalan huruf hijaiyah dengan tingkat akurasi sebesar 99,16%.

Keywords: Pengolahan Citra, Huruf Hijaiyah, *Support Vector Machine* (SVM), Klasifikasi.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Huruf hijaiyah merupakan abjad yang digunakan dalam bahasa Arab dan Al-Qur'an. Kemampuan membaca dan mengenali huruf hijaiyah dengan baik adalah keterampilan yang sangat penting dalam mempelajari bahasa Arab dan memahami isi kandungan Al-Qur'an. Namun, proses pembelajaran dan pengenalan huruf hijaiyah secara manual seringkali menjadi tantangan tersendiri, terutama bagi pemula. Kesulitan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kemiripan bentuk antar huruf, variasi gaya penulisan, serta tingkat kompleksitas huruf hijaiyah itu sendiri.

Dengan perkembangan teknologi komputer dan teknik pengolahan citra digital, telah muncul peluang untuk mengembangkan sistem pengenalan huruf hijaiyah secara otomatis.

Received: Maret 30, 2023; Accepted: Juni 24, 2023; Published: Agustus 31, 2024
* Lisa Amelia Putri , 0701211003@uinsu.ac.id

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam pengembangan sistem pengenalan huruf hijaiyah adalah dengan mengombinasikan teknik pengolahan citra dan algoritma pembelajaran mesin. Pengolahan citra digunakan untuk memproses gambar huruf hijaiyah dan mengekstraksi fitur-fitur yang relevan, sedangkan algoritma pembelajaran mesin, seperti *Support Vector Machine* (SVM), dapat dilatih untuk melakukan klasifikasi dan pengenalan huruf hijaiyah berdasarkan fitur-fitur yang diekstraksi.

Algoritma SVM telah terbukti efektif dalam banyak tugas klasifikasi, termasuk pengenalan pola dan pengenalan huruf. Dengan kemampuannya dalam menangani masalah non-linier dan memberikan solusi global optimal, SVM menjadi pilihan yang menjanjikan untuk digunakan dalam sistem pengenalan huruf hijaiyah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penggunaan teknik pengolahan citra dan algoritma SVM dalam pengembangan sistem pengenalan huruf hijaiyah yang akurat dan efisien. Dengan adanya sistem seperti ini, diharapkan dapat membantu mempermudah proses pembelajaran dan pengenalan huruf hijaiyah, serta membuka peluang untuk aplikasi lebih lanjut dalam bidang pengolahan bahasa Arab dan Al-Qur'an.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengembangkan metode pengolahan citra dan ekstraksi fitur yang sesuai untuk huruf hijaiyah?
2. Bagaimana mengimplementasikan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk melakukan klasifikasi dan pengenalan huruf hijaiyah berdasarkan fitur yang diekstraksi?
3. Seberapa akurat kinerja sistem pengenalan huruf hijaiyah yang dikembangkan dengan pendekatan ini?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan metode pengolahan citra yang tepat untuk huruf hijaiyah, meliputi pra-pemrosesan citra dan ekstraksi fitur.
2. Menerapkan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk klasifikasi dan pengenalan huruf hijaiyah berdasarkan fitur yang diekstraksi.
3. Mengevaluasi kinerja sistem pengenalan huruf hijaiyah yang dihasilkan dalam hal akurasi dan waktu komputasi.

2. DASAR TEORI

2.1 Pengolahan Citra

Pengolahan citra adalah suatu pengolahan citra yang bertujuan meningkatkan kualitas citra agar lebih mudah dipahami oleh manusia dan komputer. Dalam proses pengolahan citra terdapat 2 proses yaitu *input* dan *output*. Hasil dari pengolahan citra berupa objek dalam bentuk citra atau gambar. Pengolahan citra digital mempunyai kelebihan seperti tidak merusak objek, pengolahannya cepat dan juga mudah [1].

Citra atau gambar adalah salah satu komponen multimedia yang memiliki peran penting sebagai bentuk informasi visual. Secara matematis, citra digital adalah fungsi dua variabel yang dapat dinyatakan dengan \(f(x, y) \), di mana \(x \) dan \(y \) adalah titik koordinat spasial dan amplitudo dari fungsi pada setiap koordinat disebut intensitas atau level keabuan, yang merepresentasikan warna cahaya pada citra analog. Teknologi pengolahan citra digital memiliki banyak manfaat, termasuk dalam identifikasi objek. Identifikasi objek dalam citra digital merupakan bagian dari computer vision yang menerapkan pattern recognition dan umumnya bertujuan untuk mengenali objek dengan mengekstrak informasi penting dari citra. Pada dasarnya, manusia dapat mengenali dan membedakan pola dengan mudah, seperti pola pada citra huruf hijaiyah. Namun, komputer memerlukan pembelajaran untuk dapat membedakan pola objek huruf hijaiyah [2].

2.2 Huruf Hijaiyyah

Huruf hijaiyyah adalah kumpulan huruf arab yang berjumlah 29 huruf. Huruf- huruf inilah yang terpakai dalam aL-Qur’an dan dikenal pada masa sekarang. Kata huruf berasal dari bahasa arab harf atau huruuf. Huruf arab juga disebut huruf hijaiyyah. Kata hijaiyyah berasal dari kata kerja hajja yang artinya mengeja, menghitung huruf, membaca huruf demi huruf. Huruf hijaiyyah di sebut pula huruf tahjiyyah. Huruf hijaiyyah di sebut juga alfabet arab karna mempunyai aturan yang mana di lafazkan dari huruf hijaiyya dimulai dari alif dan berakhir pada huruf ya. Oleh karena itu, Huruf Hijaiyyah di lafazkan setiap membaca al- Qur’an oleh umat islam di dunia. Mempelajari dan memahami huruf hijaiyyah adalah langkah awal untuk membaca al-Qur’an [3].

Materi pembelajaran Al-Qur'an mencakup buku Iqro’ jilid 1-6, dimulai dari pengenalan huruf hijaiyah, cara pengucapan yang benar, hingga mampu membaca Al-Qur'an dengan tepat. Di SLB C Bhakti Kencana, membaca Iqro’ menjadi bagian dari materi pendidikan agama Islam yang berfokus pada pengenalan huruf hijaiyah dan pembelajaran membaca Al-Qur'an dasar (menggunakan Iqro’ jilid I) [4].

2.3 Algoritma Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) adalah sistem pembelajaran yang memang pengklasifikasiannya menggunakan ruang hipotesis berupa fungsi-fungsi linear dalam sebuah ruang fitur (*feature space*) berdimensi tinggi, dilatih dengan algoritma pembelajaran yang didasarkan pada teori optimasi dengan kita mengimplementasikan learning bias yang berasal dari teori pembelajaran statistik. *Support Vector Machine* (SVM) yang diperkenalkan oleh Vapnik pada tahun 1992 sebagai suatu teknik klasifikasi yang efisien untuk masalah nonlinear. *Support Vector Machine* (SVM) juga dikenal sebagai teknik pembelajaran mesin (*machine learning*) paling mutakhir setelah pembelajaran mesin sebelumnya yang dikenal sebagai *Neural Network* (NN). Baik SVM maupun NN tersebut telah berhasil digunakan didalam pengenalan pola. Pembelajaran dilakukan dengan menggunakan pasangan data *input* dan data *output* berupa sasaran yang diinginkan. Konsep SVM dapat dijelaskan secara sederhana sebagai usaha mencari *hyperplane* terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah kelas pada *input space*. SVM berusaha menemukan fungsi pemisah dengan memaksimalkan jarak antar kelas. Dengan cara ini, SVM dapat menjamin kemampuan generalisasi yang tinggi untuk data-data yang akan datang [5].

2.4 Klasifikasi

Klasifikasi adalah proses mencari dan menemukan kumpulan fungsi yang membedakan data kedalam kelas-kelas tertentu, yang bertujuan mengetahui kelas dari sebuah citra. Terdapat 2 proses dalam klasifikasi, yaitu proses *training* dan *testing*. Proses *training* adalah proses pelatihan model menggunakan data latih. Sedangkan proses *testing* atau proses yang dimana itu adalah pengujian kegiatan menguji data uji seperti model pada proses pelatihan [6].

2.5 Sublime Teks

Sublime Text adalah editor teks berbasis Python yang sangat populer di kalangan pengembang. Sebagai editor, Sublime Text dapat mengenali berbagai bahasa pemrograman yang umum digunakan dan juga dapat mengompilasi beberapa di antaranya [7].

2.6 Windows 10

Windows 10 adalah sistem operasi yang dikembangkan oleh Microsoft sebagai bagian dari keluarga sistem operasi Windows NT. Diluncurkan pada 29 Juli 2015, Windows 10 dirancang untuk menyediakan lingkungan yang lebih familiar dan efisien bagi pengguna, dengan peningkatan kinerja dan fitur yang lebih baik dibandingkan dengan pendahulunya, Windows 8.1 [8].

2.7 Flowchart

Flowchart adalah diagram yang dapat digunakan untuk menggambarkan alur proses atau sistem secara visual. Dengan menggunakan simbol-simbol standar, flowchart dapat membantu dalam memahami, menganalisis, dan mendokumentasikan langkah dalam suatu proses atau sistem. Dalam konteks penelitian, flowchart bisa memudahkan untuk perencanaan, pelaksanaan, dan komunikasi hasil penelitian dengan cara yang jelas dan terstruktur [9].

2.8 Google Colab

Google Colaboratory, atau sering disebut Google Colab, adalah lingkungan berbasis cloud yang memungkinkan pengguna untuk menulis dan mengeksekusi kode Python di browser mereka dengan mudah. Dibuat oleh Google, Colab menyediakan akses ke sumber daya komputasi seperti CPU, GPU, dan TPU tanpa biaya tambahan, sehingga sangat berguna untuk penelitian dalam bidang data science, machine learning, dan berbagai aplikasi komputasi lainnya [10].

2.9 Command Prompt

Command Prompt, sering disingkat sebagai CMD, adalah antarmuka baris perintah yang tersedia di sistem operasi Microsoft Windows. CMD memungkinkan pengguna untuk menjalankan perintah-perintah secara langsung untuk mengelola file, menjalankan program, dan tak lupa pula unuk mengotomatisasi tugas-tugas sistem. Dalam konteks penelitian, CMD dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti pemrosesan data, manajemen file, dan pengendalian perangkat lunak [11].

2.10 Python

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dikembangkan oleh Guido van Rossum dan dirilis pertama kali pada tahun 1991. Python dikenal karena sintaksnya yang mudah dipahami dan dibaca, serta dukungan yang luas untuk berbagai bidang aplikasi. Dalam penelitian, Python digunakan secara luas karena kemampuannya untuk mengolah data, analisis statistik, pembelajaran mesin, visualisasi data, dan otomatisasi tugas-tugas yang berulang [12].

2.11 Library OpenCV

OpenCV merupakan pustaka perangkat lunak open-source yang dirancang untuk pengolahan citra dan visi komputer. Dikembangkan oleh Intel dan sekarang didukung oleh sebuah komunitas open-source, OpenCV menawarkan lebih dari 2500 algoritma yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi dalam pengenalan wajah, identifikasi objek, klasifikasi aksi manusia dalam video, pelacakan objek, dan banyak lagi [13].

2.12 Library Matplotlib

Matplotlib adalah pustaka visualisasi data Python yang kuat dan fleksibel. Yang dirancang untuk menghasilkan grafik berkualitas tinggi dalam berbagai format, Matplotlib memungkinkan peneliti untuk membuat grafik yang informatif dan estetis dari data numerik. Pustaka ini mendukung berbagai jenis grafik, termasuk plot garis, scatter plot, histogram, bar plot, dan banyak lagi [14].

2.13 Numpy

NumPy (Numerical Python) adalah pustaka fundamental dalam ekosistem komputasi ilmiah Python yang menyediakan dukungan untuk array dan matriks multidimensi, serta berbagai fungsi matematika untuk memanipulasi data numerik. NumPy menyediakan struktur data yang efisien untuk menyimpan dan mengelola data dalam bentuk array, yang memungkinkan operasi cepat dan efisien pada data numerik [15].

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam membuat penelitian ini adalah menggunakan metode SVM. Langkah-langkah dalam membuat metode penelitian ini diawali dengan memasukkan data parameter untuk klasifikasi huruf hijaiyah. Parameter yang dimasukkan yaitu huruf ijaiyah.

Software yang digunakan yaitu:

1. Google colab
2. Sublime text 4169
3. Python 3.12
4. Command prompt
5. Windows 10

Hardware yang digunakan adalah:

1. Laptop dengan RAM 8 GB SSD 500 GB AMD A8 Windows 10 pro 64-bit Operating System.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem pengolahan citra huruf hijaiyah menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) yang efektif dan akurat. Data citra huruf hijaiyah dikumpulkan dari berbagai sumber, seperti dokumen digital, citra tulisan tangan dan internet, kemudian di-preprocess menggunakan filter Gabor, HSV, dan GLCM untuk menghasilkan fitur-fitur yang relevan dan dapat digunakan oleh algoritma SVM. Data fitur tersebut kemudian dapat diklasifikasikan dengan algoritma SVM untuk menghitung hyperplane yang terbaik untuk memisahkan kelas-kelas huruf hijaiyah, sehingga sistem dapat mengenali dan mengklasifikasikan huruf hijaiyah dengan akurasi tinggi. Akurasi sistem diuji

menggunakan data uji, dan hasil dianalisis untuk mengenal performa sistem dan membandingkan dengan sistem lain yang menggunakan algoritma pengenalan huruf hijaiyah lainnya. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi pengenalan huruf hijaiyah dan memudahkan penggunaan huruf hijaiyah dalam berbagai konteks, seperti sistem pengenalan huruf hijaiyah, pengolahan citra, dan sistem pengenalan tulisan tangan. Yang dilakukan untuk mencari lokasi hyperlane ini merupakan inti dari proses pembelajaran pada SVM. Data dinotasikan sebagai $\underset{x_1}{\rightarrow} \in R^2$ sedangkan label-label masing dinotasikan $y_1 \in \{1,0\}$ untuk I = 1,2, …, l yang mana l adalah banyaknya data. Asumsi kedua kelas 1 dan 0 dapat terpisah secara sempurna oleh hyperlane berdimensi d yang didefinisikan pada Persamaan 1

$$\underset{w}{\rightarrow} . \underset{x}{\rightarrow} + b = 0 \qquad (1)$$

Pola $\underset{x_1}{\rightarrow}$ yang termasuk kelas 1 dapat dirumuskan sebagai pola yang memnuhi pertidaksamaan (2)

$$\underset{w}{\rightarrow} . \underset{x_1}{\rightarrow} + b \leq 1 \qquad (2)$$

Sedangkan pola $\underset{x_1}{\rightarrow}$ yang termasuk kelas 0 dirumuskan dengan tidak persamaan (3)

$$\underset{w}{\rightarrow} . \underset{x_1}{\rightarrow} + b \leq 1 \qquad (3)$$

Margin terbesar ditemukan dengan memaksimalkan nilai jarak antara hyperlane dan titik terdekatnya dengan persamaan (4)

$$\frac{1}{\left\| \underset{w}{\rightarrow} \right\|} \qquad (4)$$

Hal ini dapat dirumuskan sebagai quadratic programming problem yaitu mencari titik minimal persamaan 5 dengan memperhatikan constraint persamaan 6

$$\min r(\mathrm{w}) = \frac{1}{2} \left\| \underset{w}{\rightarrow} \right\|^2 \qquad (5)$$

$$y_i(\underset{w}{\rightarrow} \cdot \underset{x_1}{\rightarrow} - 1 \geq 0, \forall i \qquad (6)$$

Masalah ini dapat dipecahkan dengan berbagai teknik komputasi diantaranya Langrange Multiplier seperti ditunjukkan pada persamaan (7)

$$L(\underset{w}{\rightarrow}, b, \alpha) = \frac{1}{2} \left\| \underset{w}{\rightarrow} \right\|^2 - \sum_{i=}^{l} \alpha_i \left(y_i((\underset{w}{\rightarrow} . \underset{x_1}{\rightarrow} + b)-1)\right), i = 1,2, \ldots, l \qquad (7)$$

α_i adalah Langrange multipliers, yang bernilai nol atau positif $\alpha_i \geq 0$. Nilai optimal dari persamaan (8) dapat dihitung dengan meminimalkan L terhadap dan b dan memaksimalkan L terhadap α_i. Berdasarkan sifat bahwa pada titik optimal L = 0, persamaan (9) dapat

dimodifikasisebagai maksimalisasi problem yang hanya mengandung α_i.

$$\sum_{i=1}^{l} \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^{l} \alpha_i \ \alpha_j \ y_i \, y_j \ \ \vec{x_i} \cdot \vec{x_j}$$

(8)

dari hasil perhitungan diperoleh α_i yang kebanyakan bernilai positif. Data yang berkorelasi dengan α_i yang positif inilah yang disebut *support vector*

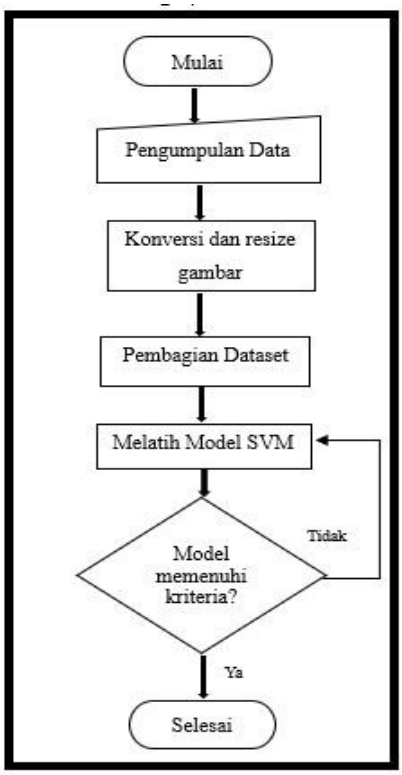
$\alpha i \geq 0$ (i = 1,2, …, l) $\sum_{i=1}^{l} \alpha_i \ y_i = 0$

(9)

3.1 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan gambar dari google serta memfoto citra huruf hijaiyah dari iqro'. Data yang dikumpulkan dalam format JPG dan PNG.

Gambar di bawah ini menunjukkan *flowchart* penelitian sebagai alur skenario pengolahan citra yang dilakukan



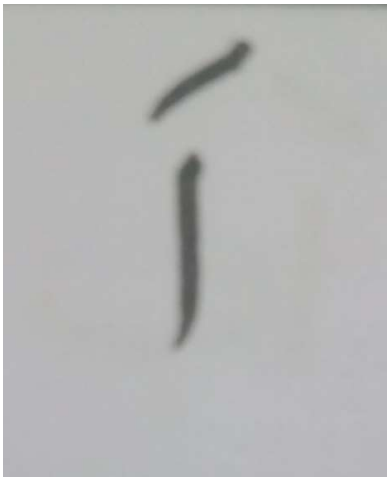
Gambar 1. Flowchart Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, penulis menggunakan huruf hijaiyah sebagai objek penelitian. Adapun huruf hijaiyah yang digunakan sebanyak 5 huruf, yaitu huruf Alif, Jim, Mim, Syim, dan Wau. *Dataset* berupa citra yang diperoleh dari google dan dari Iqro. Sebanyak 80 citra dari google dan sebanyak 10 citra dari iqro' untuk masing-masing huruf. Sehingga total data citra yang digunakan adalah sebanyak 500 citra. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode atau model pengenalan huruf hijaiyah berbasis citra menggunakan teknik-teknik computer vision.

Gambar 2. Citra Huruf Hijaiyah Dari Google

Dan gambar di bawah ini merupakan citra hasil foto dari iqro'.

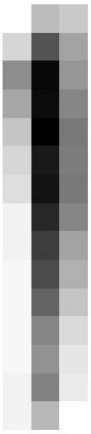


Gambar 3. Citra Huruf Hijaiyah Dari Iqro'

Langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah konversi citra menjadi *grayscale*.

Gambar 4. Citra Huruf Hijaiyah *Grayscale*

Kemudian lakukan *resize* terhadap citra huruf hijaiyah, disini penulis mengubah ukuran gambar menjadi 15 × 15 pixel.



Gambar 5. Citra Setelah Ditransformasi

Setelah citra ditransformasi, maka nilai citra akan diambil sehingga akan ada sebanyak 225 nilai pixel. Adapun untuk sampel masing-masing huruf mengambil sebanyak 2 nilai pixel. Dalam memperoleh nilai pixel, penulis tidak menggunakan koordinat x, y tetapi menggunakan index linier.

Pembagian dataset adalah langkah yang harus kita lakukan selanjutnya. Pembagian dataset merupakan proses memagi data menjadi data *training* dan data *testing*. Data training digunakan oleh algoritma klasifikasi. Model ini merupakan representasi pengetahuan yang akan digunakan untuk prediksi kelas data baru yang belum pernah ada. Data testing digunakan untuk mengukur sejauh mana classifier berhasil melakukan klasifikasi dengan benar [2].

Data training yang digunakan adalah 80% dari total data, sedangkan data test sebesar 20%. Pembagian dataset menggunakan random split.

Setelah dilakukan pemodelan dengan algoritma *support vector machine.* Maka, diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Prediksi SVM

Gambar Uji	Prediksi	Akurasi
Syim	Syim	100%
Jim	Jim	97,93%
Alif	Alif	100%
Alif	Alif	98,86%

Jim	Jim	100%
Wau	Wau	100%
Mim	Mim	94,84%
Mim	Mim	100%
Jim	Jim	100%
Wau	Wau	100%

Nilai *recall* dan presisi adalah metrik evaluasi yang penting dalam pemodelan klasifikasi untuk mengukur performa model terhadap kelas-kelas yang berbeda dalam dataset. Selanjutnya tabel di bawah ini akan menyajikan nilai presisi dan nilai *recall*.

Tabel 2. Nilai Presisi dan Nilai *Recall*

Nilai Presisi	Nilai Recall
0.975	0.977
1.0	1.0
0.984	0.985
1.0	1.0
1.0	1.0
0.956	0.954
1.0	1.0
1.0	1.0
1.0	1.0
0.992	0.984
Rata-rata = 0.9907	Rata-rata = 0.99

Confusion matrix adalah alat evaluasi yang penting dalam pemodelan klasifikasi untuk menggambarkan performa prediksi model terhadap data uji. Matriks ini mengorganisir hasil prediksi berdasarkan empat kategori utama: *true positives* (TP), true negatives (TN), *false positives* (FP), dan *false negatives* (FN). TP adalah jumlah sampel positif yang benar diprediksi, TN adalah jumlah sampel negatif yang benar diprediksi, FP adalah jumlah sampel negatif yang salah diprediksi sebagai positif, dan FN adalah jumlah sampel positif yang salah diprediksi sebagai negatif.

Confusion matrix membantu memvisualisasikan di mana model klasifikasi berhasil dan di mana ia mungkin keliru, serta menyediakan informasi penting seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-*score*.

Di bawah ini merupakan gambar *confusion matrix* terhadap pengujian salah satu huruf hijaiyah.

```
Confusion Matrix:
[[31  0  0  0  0]
 [ 0 14  0  0  1]
 [ 0  0 16  0  0]
 [ 0  0  0 20  1]
 [ 0  0  0  0 14]]
```

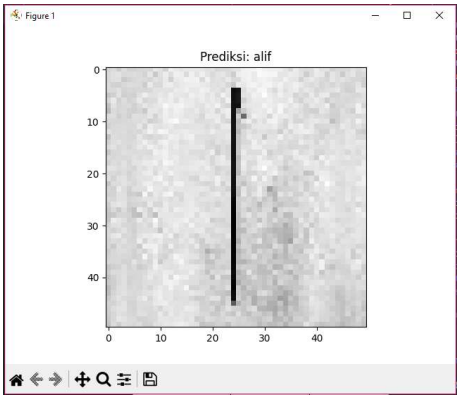
Gambar 6. *Confusion Matrix*

Running time dan *error rate* adalah dua metrik evaluasi yang penting dalam mengukur performa dan efisiensi dari sebuah model atau algoritma dalam konteks pemrosesan data dan prediksi. Untuk *running time* dan *error rate* disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. *Running Time and Error Rate*

Running Time	Error Rate
0.06252527236938477 s	0.020618556701030966
0.06252646446228027 s	0.0
0.06250476837158203 s	0.010309278350515427
0.062499046325683594 s	0.0
0.06252694129943848 s	0.0
0.06252408027648926 s	0.05154639175257736
0.0624997615814209 s	0.0
0.07810521125793457 s	0.0
0.04690146446228027 s	0.0
0.07812690734863281 s	0.010309278350515427
Rata-rata = 0.06897389571551056 s	Rata-rata = .009279388415515418

Di bawah ini merupakan *output* dari pemodelan yang dilakukan.



Gambar 7. Prediksi Huruf Alif

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari Tabel 1., Tabel 2., dan Tabel 3., maka dapat disimpulkan bahwasanya pengolahan citra untuk klasifikasi kelima huruf hijaiyah yang mencakup alif, jim, mim, syim, dan wau berjalan dengan sangat baik, nyaris mendekati sempurna.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Support Vector Machine* (SVM) untuk mengklasifikasikan citra huruf hijaiyah menunjukkan hasil yang sangat baik. SVM mencapai akurasi rata-rata 99%, dengan prediksi yang hampir sempurna untuk setiap huruf. Nilai presisi dan *recall* mendekati 100%, menunjukkan kemampuan SVM yang sangat akurat dalam mengenali dan memprediksi setiap kelas huruf.

Waktu eksekusi yang cepat, rata-rata 0.069 detik per prediksi, dan *error rate* yang rendah juga menunjukkan efisiensi tinggi dari model SVM dalam pengenalan huruf berdasarkan citra. Kesimpulannya, SVM adalah pilihan yang kuat untuk aplikasi pengenalan huruf berbasis citra dengan kinerja yang sangat handal dan efisien.

REFERENSI

[1] P. A. R. Devi dan H. Rosyid, "Pemaparan Materi Dasar Pengolahan Citra Digital untuk Upgrade Wawasan Siswa di SMK Dharma Wanita Gresik," *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia (JAMSI),* pp. 1259-1264, 2022.

[2] G. Gumelar, Q. Ain, R. Marsuciati, S. A. Bambang, A. Sunyoto dan M. S. Mustafa, "Kombinasi Algoritma Sampling dengan Algoritma Klasifikasi untuk Meningkatkan Performa Klasifikasi Dataset Imbalance," *Prosiding SISFOTEK,* vol. 5, no. 1, pp. 250-255, 2021.

[3] A. T. Laksono, Endryansyah, P. W. Rusmanto dan M. S. Zuhrie, "Pengolahan Citra Digital Buah Murbei Dengan Algoritma LDA (Linear Discriminant Analysis," *Indonesian Journal of Engineering Technology (INAJET),* pp. 71-78, 2022.

[4] S. K. M. K. Luluk Sarifah, "Identifikasi Citra Huruf Hijaiyah Menggunakan Metode Extreme Learning Machine," *Statistika, Matematika dan Komputasi,* vol. 20, no. 1, pp. 90 - 101, 2023.

[5] D. P. Y. S. Helsi Tia Vermala, "Pengenalan Pola Huruf Hijaiyah Tulisan Tangan Menggunakan Fuzzy Feature Extraction Dan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *Jurnal Teknologi Informasi,,* vol. 12, no. 2, pp. 172 - 180, 2016.

[6] A. P. Dadang Iskandar Mulyana, "Optimasi Deteksi Pengenalan Huruf Hijaiyah Dengan Metode Tepi Canny Dan Morfologi," *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS),* vol. 6, no. 2, pp. 717 - 725, 2023.

[7] N. Mufassiril Abror, "Pattern Recognition Tulisan Tangan Huruf Hijaiyah Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *Jurnal informasi dan Komputer,* vol. 9, no. 2, pp. 174 - 178, 2021.

[8] S. T. Nada Fitria Nasution, "Implementasi Metode Learning Vector Quantization Pada Aplikasi Penerjemah Huruf Hijaiyah Menggunakanan Pose Jari Tangan," *Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer,* vol. 3, no. 6, pp. 1217 - 1225, 2023.

[9] R. L. Pasaribu, "Pengenalan Pola Huruf Hijaiyah Menggunakan Metode Direction Feature Extraction (DFE)," *Majalah Ilmiah INTI,* vol. VI, no. 3, pp. 310-312, 2019.

[10] M. Purnamasari dan U. Setiawan, "Pengenalan Huruf Hijaiyyah Melalui Media Kartu Gambar Di TPA Kampung Tagal Heas Purwakarta," *Jurnal Pendidikan Indonesia,* pp. 46-54, 2023.

[11] W. S. I. M. A. S. Robbani Punggawa Arcapada, "Rancang Bangun Model Pengidentifikasi Suara Huruf Hijaiyah Dengan Metode Mel Frequency Cepstrum Coefficient Dan Convolutional Neural Network," *Jurnal SPEKTRUM ,* vol. 8, no. 4, pp. 1 - 7, 2021.

[12] K. A. Rokhman, Berliana dan P. Arsi, "Perbandingan Metode Support Vector Machine Dan Decision Tree Untuk Analisis Sentimen Analisis Sentimen Riview Komentar Pada Aplikasi Transportasi Online," *Jurnal Informasi System Management (JOISM),* pp. 1-7, 2021.

[13] A. S. B. D. H. E. Y. P. Ryan Eka Wiratna, "Pengenalan Karakter Hijaiyah Menggunakan Metode Convolutional Neural Network," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi (SCAN),* vol. 17, no. 1, pp. 14 - 18, 2022.

[14] B. N. E. Y. P. Sunu Ilham Pradika, "Pengenalan Tulisan Tangan Huruf Hijaiyah Menggunakan Convolutional Neural Network Dengan Augmentasi Data," *Seminar Nasional Informatika Bela Negara (SANTIKA),* vol. 1, pp. 129 - 136, 2020.

[15] R. M. Yulrio Brianorman, "Perbandingan Pre-Trained CNN: Klasifikasi Pengenalan Bahasa Isyarat Huruf Hijaiyah," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis,* pp. 52 - 59, 2023.