

IMPROVEMENT OF HANDWRITING JAVASCRAFT IMAGE QUALITY AND SEGMENTATION WITH CLOSING MORPHOLOGY AND ADAPTIVE THRESHOLDING METHODS

Perbaikan Kualitas dan Segmentasi Citra Aksara Jawa Tulisan Tangan dengan Metode Morfologi Closing dan Adaptive Thresholding

Arif Riyandi¹, Shofwatul ‘Uyun²

^{1,2} Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Indonesia

¹arif.rynd@gmail.com, ²shofwatul.uyun@uin-suka.ac.id

*: Penulis korespondensi (corresponding author)

Article’s Information / Informasi Artikel

Received: August 2022

Revised: September 2022

Accepted: October 2022

Published: October 2022

Abstract

Purpose: Improved image quality that is dotted or too thin in handwritten Javanese characters using morphological operations and automatically collecting datasets from the cropping process using the Connected Component Labeling method.

Design/methodology/approach:

Applying the morphological operation method to improve the dashed image and the connected component labeling method to assist cropping in collecting datasets automatically.

Findings/result: The results of the experiment with several different kernels between the opening morphology operation and the closing morphology operation selected the closing morphology operation with the kernel (45.45) on the dilation section and the kernel (37.37) on the erosion section. The results of the selected segmentation proceed to cropping with the help of CCL and CNN classification methods which are applied to classify Javanese script images properly. The accuracy obtained is 94.27% in the classification process using training data and 84.53% accuracy in the classification process using validation data. Originality/value/state of the art: Testing of the opening morphology operation and closing morphology operation with each 6 different kernels in the Javanese script image segmentation process to improve image quality. Automatic dataset collection from image cropping results with the help of the connected component labeling method and the

collected dataset results are classified for each Javanese script image.

Keywords: segmentation; morphology; automatic; classification
Kata kunci: segmentasi; morfologi; otomatis; klasifikasi

Abstrak

Tujuan: Perbaikan kualitas citra yang putus-putus atau terlalu tipis pada aksara jawa tulisan tangan menggunakan operasi morfologi dan mengumpulkan dataset secara otomatis dari proses *cropping* dengan metode Connected Component Labeling.

Perancangan/metode/pendekatan: Menerapkan metode operasi morfologi dalam perbaikan citra putus-putus dan metode connected component labeling untuk membantu *cropping* dalam mengumpulkan dataset secara otomatis.

Hasil: Hasil uji coba dengan beberapa kernel yang berbeda antara operasi morfologi opening dan operasi morfologi closing terpilih operasi morfologi closing dengan kernel (45,45) pada bagian dilasi dan kernel (37,37) pada bagian erosi. Hasil dari segmentasi yang terpilih lanjut ke *cropping* dengan bantuan metode connected component labeling dan klasifikasi convolutional neural network yang diterapkan untuk mengklasifikasi citra aksara jawa dengan baik. Akurasi yang diperoleh adalah sebesar 94,27 % pada proses klasifikasi menggunakan data training dan akurasi 84,53% pada proses klasifikasi menggunakan data validasi.

Keaslian/ state of the art: Pengujian dari operasi morfologi opening dan operasi morfologi closing dengan masing-masing 6 kernel berbeda pada proses segmentasi citra aksara jawa untuk perbaikan kualitas citra. Pengumpulan dataset secara otomatis dari hasil *cropping* citra dengan bantuan metode connected component labeling dan hasil dataset yang terkumpul diklasifikasi untuk masing-masing citra aksara jawa.

1. Pendahuluan

Aksara jawa merupakan tulisan khas suku jawa dan merupakan aset budaya bangsa Indonesia. Banyak naskah kuno yang tersimpan dengan baik di berbagai museum atau perpustakaan di Indonesia. Alat bantu baca aksara jawa otomatis akan sangat membantu dalam menyederhanakan dan mempercepat pembacaan manuskrip ini. Dengan cara ini, akan lebih banyak generasi di Indonesia yang dapat menggunakan pengetahuan penting yang terkandung dalam naskah [1]. Perkembangan ilmu komputasi saat ini dan kapasitas proses komputer semakin meningkat. Salah satu penerapannya adalah dalam melakukan pengenalan objek secara otomatis dengan menggunakan komputer dengan cara mengambil dan mengolah informasi suatu citra [2].

Sebelum melakukan proses pengolahan citra digital, maka perlu dilakukan proses akuisisi citra terhadap objek atau aksara jawa yang akan diidentifikasi untuk mendapatkan data citra aksara jawa. Akuisisi citra adalah tahap mengambil, mengumpulkan, dan menyiapkan data citra menggunakan alat pengambilan citra dan memprosesnya sehingga menghasilkan data yang dikehendaki [3]. Citra yang dimaksud ialah gambar/foto, sedangkan maksud dari digital yaitu pengolahan gambar/foto dilakukan secara digital dengan media komputer. Teknologi yang terdapat di pengolah citra digital mampu mengklasifikasi berdasarkan tekstur dan warna citra aksara jawa [4].

Dengan memanfaatkan teknologi pengolahan citra ada beberapa metode yang digunakan yaitu image enhancement dan feature extraction [5]. Metode feature extraction akan dilakukan operasi morfologi pada citra yang telah diambil. Operasi morfologi merupakan pendekatan topologi dan geometri yang digunakan untuk menganalisis citra mendapatkan nilai ekstraksi struktur dan bentuk geometri [6]. Pendekatan operasi morfologi pada penelitian ini adalah Opening and Closing, yang akan menghasilkan nilai ekstraksi warna objek citra aksara jawa pada dataset yang telah dikumpulkan [7]. Sebelumnya telah dilakukan penelitian pada prapemrosesan untuk perbaikan warna dan nois pada citra kemudian segmentasi citra untuk pembacaan pola aksara tanpa ada perbaikan tulisan putus-putus atau terlalu tipis [8]. Pada penelitian ini dilakukan proses segmentasi citra yang fokus pada perbaikan kualitas citra putus-putus atau terlalu tipis.

2. Metode/Perancangan

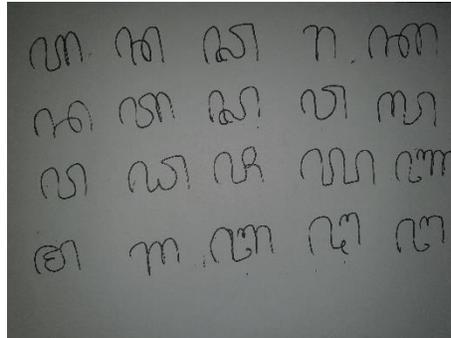
Kerangka kerja perbandingan algoritma yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 1. Kerangka yang diusulkan terdiri dari kumpulan data citra aksara jawa tulisan tangan, prapemrosesan citra dan segmentasi citra. Kajian ini bertujuan untuk memperbaiki citra aksara jawa tulisan tangan yang putus-putus atau terlalu tipis untuk di olah menjadi dataset klasifikasi citra . Langkah-langkah yang dilakukan dalam penyelesaian permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Kerangka yang diusulkan

2.1. Pengumpulan Data (Heading 2)

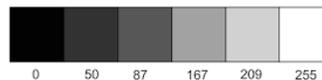
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra aksara jawa tulisan tangan berjumlah 100 citra dengan 20 jenis aksara jawa pada masing-masing citranya. Data citra ini didapatkan dari data primer yang dikumpulkan dari 100 orang yang berbeda.



Gambar 2. Contoh gambar aksara jawa

2.2. Prapemrosesan

Pada tahap prapemrosesan citra dilakukan setelah data citra RGB dimasukkan. Pada prapemrosesan citra melewati 3 tahapan metode yaitu dengan Citra Greyscale, Citra Biner dan Noising. Citra RGB menyimpan terlalu banyak informasi sehingga di perlukan proses perubahan citra ke dalam bentuk grayscale untuk mempermudah proses citra [9]. Image grayscale ialah sebuah image yang memiliki warna tingkat keabuan. Pemakaian image grayscale disebabkan sedikit memerlukan informasi yang memberikan pada setiap piksel dibandingkan dengan citra berwarna [10]. Citra harus merupakan fungsi dua dimensi (Grayscale) Untuk Menentukan gradien kesamaan dua dimensi dari turunan pertama dan akan didefinisikan sebagai vektor untuk mendeteksi tepi, Jadi citra harus berupa citra hitam putih. Kemudian gambar diubah menjadi warna hitam putih [11].



Gambar 3. Tingkat Keabuan Citra Greyscale

Untuk mempermudah proses segmentasi dilakukan proses mengubah citra grayscale menjadi citra biner (hitam putih). Proses biner menggunakan metode nilai threshold $n = 10$ [12]. Segmentasi citra dengan binerisasi adalah sebuah proses transformasi citra keabuan menjadi citra hitam dan putih dengan menggunakan nilai ambang batas (threshold) tertentu [13]. Setelah tahapan grayscale dan citra biner yaitu noising dengan menggunakan metode *gaussian filtering*. Metode Gaussian Filter digunakan untuk menghilangkan noise yang terdapat pada citra [14]. Gaussian filter adalah filter yang menempatkan warna transisi yang signifikan dalam sebuah image, kemudian membuat warna-warna pertengahan untuk menciptakan efek lembut pada sisi-sisi sebuah image. Gaussian filter adalah salah satu filter yang menggunakan rumus matematika untuk menciptakan efek autofocus dari pengurangan noise [15].

2.3. Segmentasi Citra

Segmentasi Citra dilakukan dengan menerapkan metode thresholding, operasi morfologi closing, operasi morfologi opening dan connected component labeling. Thresholding adalah suatu metode segmentasi citra yang memisahkan objek dari latar belakang pada suatu citra berdasarkan perbedaan kecerahan atau kegelapan. Wilayah citra yang cenderung gelap akan dibuat lebih gelap (hitam sempurna dengan nilai intensitas 0), sedangkan wilayah citra yang cenderung lebih terang akan dibuat lebih terang (putih sempurna dengan nilai intensitas 1) [16]. Proses thresholding merupakan teknik yang penting dalam proses segmentasi citra karena menghasilkan citra yang memiliki ukuran file kecil, pemrosesan yang cepat, dan kemudahan dalam proses manipulasi [17]. Setelah tahapan thresholding kemudian citra di olah dengan bantuan metode operasi morfologi. Operasi morfologi yang digunakan yaitu operasi morfologi closing dan operasi morfologi opening. Penutupan atau Closing adalah kombinasi di mana citra dilakukan erosi setelah menjalani operasi yang dilasi.

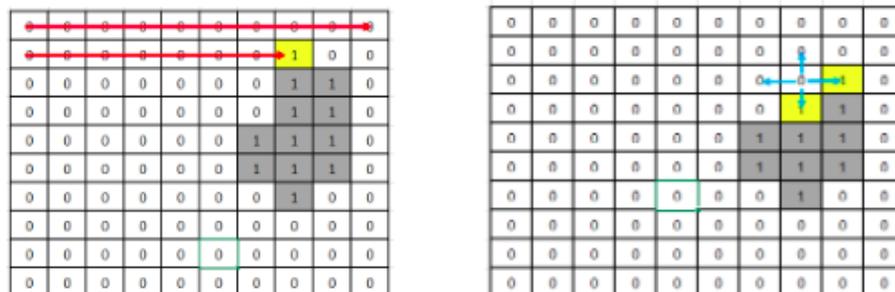
$$X \circ B = (X \oplus B) \ominus B \tag{1}$$

Persamaan (1) menunjukkan operasi closing, terlihat bahwa set X terlebih dahulu di dilasi oleh B, kemudian dilanjutkan dengan melakukan erosi ke proses tersebut [18]. Selain proses operasi morfologi closing ada juga oprasi morfologi opening yang secara proses hampir sama tetapi dengan proses terbalik dari sebelumnya. Operasi opening secara umum menghaluskan garis-garis bentuk obyek, menghilangkan bagian-bagian sempit, dan menghilangkan penonjolan-penonjolan yang tipis. Efek yang dihasilkan adalah menghilangnya obyek-obyek kecil dan tipis, memecah obyek pada titik-titik yang kecil, dan secara umum menghaluskan batas dari obyek besar tanpa mengubah area obyek [19]. Berikut persamaan yang digunakan operasi opening :

$$X \circ B = (X \ominus B) \oplus B \tag{2}$$

Persamaan (2) menunjukkan operasi opening, terlihat bahwa set X terlebih dahulu di erosi oleh B, kemudian dilanjutkan dengan melakukan dilasi ke proses tersebut.

Connected Component Labelling (CCL) adalah metode yang sudah teruji untuk mendeteksi objek yang memiliki karakteristik khusus. CCL merupakan suatu proses pemberian label yang sama pada sekumpulan piksel pembentuk obyek yang saling berdekatan pada suatu citra. Obyek yang berbeda ditandai dengan label yang berbeda [20]. Hasil pelabelan menggunakan metode Connected Component Labelling ditentukan pula oleh jumlah connectivity yang digunakan pada saat melakukan pengecekan label tetangga terdekat. Pengecekan label tetangga terdekat dapat dilakukan dengan dua acara, yaitu 4-konektivitas atau 8-konektivitas [21].



Gambar 4. Scan dan 4 connection CCL

2.4. Klasifikasi Citra

Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) merupakan pengembangan dari Multilayer Perceptron (MLP) yang dirancang untuk mengolah data dua dimensi. CNN termasuk dalam jenis Deep Neural Network karena kedalaman jaringannya yang tinggi dan banyak diterapkan pada data citra [22]. Arsitektur CNN mengekstrak fitur dari gambar sesuai dengan arsitektur yang dirancang dan kemudian mengklasifikasikannya melalui fully connected layers [23].

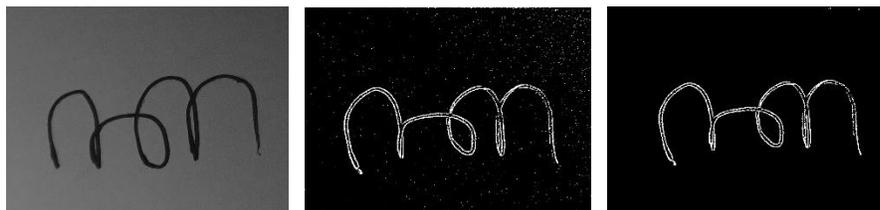
Tabel 1. Arsitektur Convolutional Neural Network

Layer Type	Output Shape	Param
Conv2d_168	(None, 80, 100, 64)	1664
Leaky_re_lu_226	(None, 80, 100, 64)	0
Max_pooling2d_167	(None, 40, 50, 64)	0
Conv2d_169	(None, 36, 46, 296)	473.896
Leaky_re_lu_227	(None, 36, 46, 296)	0
Max_pooling2d_168	(None, 18, 23, 296)	0
Dropout_152	(None, 18, 23, 296)	0
Global_max_pooling2d	(None, 296)	0
Dense_153	(None, 1024)	304.128
Leaky_re_lu_228	(None, 1024)	0
Dropout_153	(None, 1024)	0
Dense_154	(None, 24)	24.600
Activation_73	(None, 24)	0
Total Params		804.288
Trainable Params		804.288
Non-trainable params		0

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Prapemrosesan

Pada tahapan awal sebelum gambar tersebut di olah kedalam metode CNN. Tahapan ini dilakukan prapemrosesan citra aksara jawa tulisan berupa grayscale diolah kedalam citra biner. Tahapan selanjutnya setelah citra biner, citra aksara jawa di proses menggunakan metode noising gaussian filter. Proses prapemrosesan dari 3 tahapan metode dapat dilihat pada gambar berikut ini :

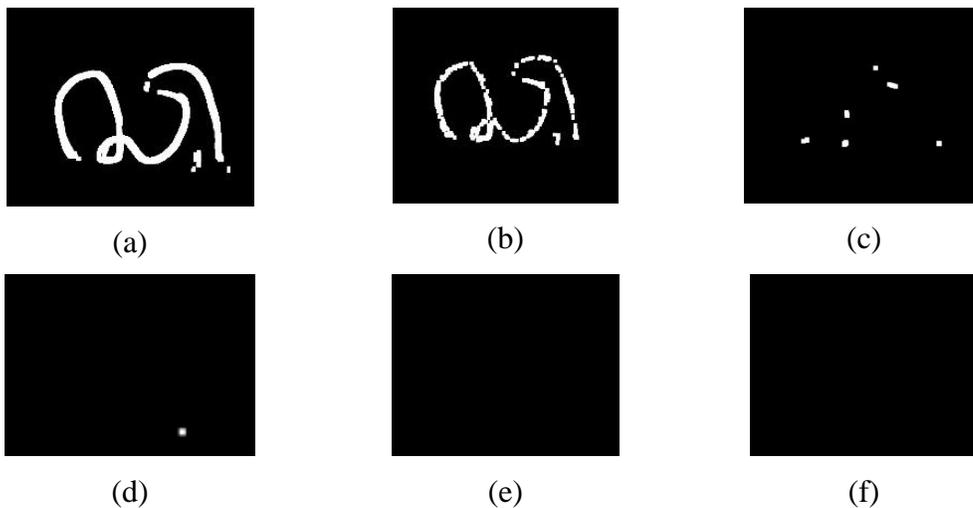


Gambar 5. Citra Greyscale, Citra Biner dan Citra Gaussian Filter

Terlihat pada hasil pengelohan dari 3 metode prapemrosesan, pada tahapan citra biner masih banyak titik-titik sedangkan untuk citra gaussian filter, citra terlihat lebih bersih dari titik-titik atau nois.

3.2. Hasil Segmentasi Citra

Pada tahapan segmentasi citra, pengolahan di bagi menjadi 3 metode yaitu metode adaptive thresholding, metode operasi morfologi opening dan operasi morfologi closing kemudian dilanjutkan dengan metode connected component labeling. Tahapan awal dari segmentasi citra adalah dengan metode adaptive thresholding karena gambar yang akan diolah kedalam metode operasi morfologi dibutuhkan pembersihan background agar citra dapat dijadikan sebagai masking untuk melakukan proses berikutnya. Dari citra hasil adaptive thresholding, citra diolah menggunakan metode operasi morfologi dengan contoh hasil citra sebagai berikut.

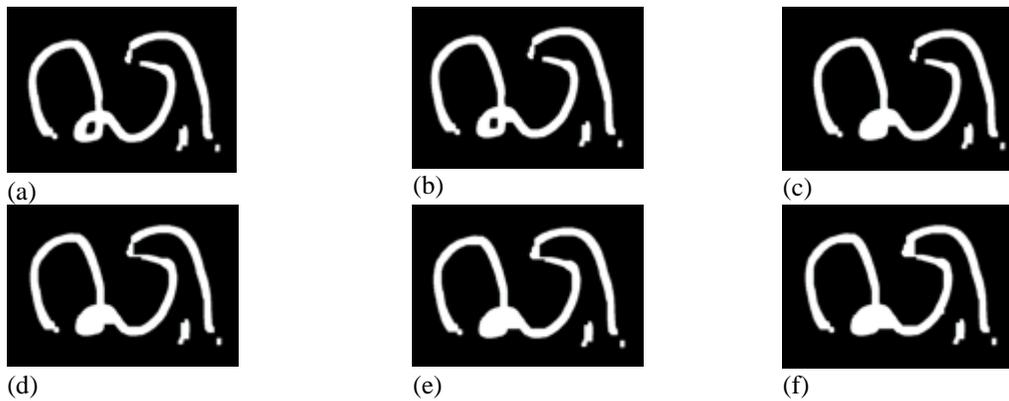


Gambar 6. Kumpulan hasil citra operasi morfologi opening dengan 6 kombinasi kernel

Berdasarkan 6 kali percobaan dengan kernel yang berbeda dihasil citra aksara seperti pada Gambar 6. Untuk rincian kernel dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Kernel operasi morfologi opening

Jenis Gambar	Keterangan	Kernel
Gambar (a)	Erosi	(2,2)
	Dilasi	(10,10)
Gambar (b)	Erosi	(4,4)
	Dilasi	(12,12)
Gambar (c)	Erosi	(6,6)
	Dilasi	(14,14)
Gambar (d)	Erosi	(8,8)
	Dilasi	(16,16)
Gambar (e)	Erosi	(10,10)
	Dilasi	(18,18)
Gambar (f)	Erosi	(12,12)
	Dilasi	(20,20)



Gambar 7. Kumpulan hasil citra operasi morfologi closing dengan 6 kombinasi kernel

Berdasarkan 6 kali percobaan dengan kernel yang berbeda dihasil citra aksara seperti pada Gambar 7. Untuk rincian kernel dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Kernel operasi morfologi closing

Jenis Gambar	Keterangan	Kernel
Gambar (a)	Dilasi	(20,20)
	Erosi	(12,12)
Gambar (b)	Dilasi	(25,25)
	Erosi	(17,17)
Gambar (c)	Dilasi	(30,30)
	Erosi	(22,22)
Gambar (d)	Dilasi	(35,35)
	Erosi	(27,27)
Gambar (e)	Dilasi	(40,40)
	Erosi	(32,32)
Gambar (f)	Dilasi	(45,45)
	Erosi	(37,37)

Dari 2 operasi morfologi yaitu operasi morfologi opening dan operasi morfologi closing menghasilkan citra olahan yang berbeda. Pada operasi morfologi opening, citra aksara jawa semakin tidak terlihat dikarena kernel dari erosi semakin membesar yang artinya citra aksara jawa di kurangi atau ditipiskan sesuai besaran kernel. Sedangkan untuk operasi morfologi closing menghasilkan citra yang dapat memperbaiki kondisi citra aksara jawa yang putus-putus. Semakin besar kernel pada bagian dilasi maka garis putus-putus dapat terhubung kembali dengan kondisi tebal aksara jawa yang tetap sama. Kedua metode operasi morfologi tersebut memiliki kondisi jarak kernel dari dilasi ke erosi yang sama. Untuk kedua operasi morfologi opening maupun operasi morfologi closing memiliki jarak kernel 8 antara erosi dan dilasi yang artinya citra aksara jawa akan lebih tebal 8 kernel dari citra sebelumnya. Dari hasil operasi morfologi ini dipilih hasil citra dari operasi morfologi closing dengan kernel (45,45) untuk bagian proses dilasi dan kernel (37,37) untuk proses erosi.

Setelah proses operasi morfologi, citra yang terpilih di olah menggunakan metode connected component labeling yang berfungsi sebagai penentuan aksara jawa yang akan dicrop menjadi masing-masing aksara dari 5 aksara jawa dalam 1 citra. Hasil dari metode connected component labeling sebagai berikut.



Gambar 8. Hasil Connected Component Labeling

Dari hasil connected component labeling akan dilakukan *cropping* citra berdasarkan garis tepi pada setiap aksara dan otomatis masuk kedalam folder-folder yang tersedia sesuai jenis aksara jawa.

3.3. Hasil Klasifikasi Citra

Pada tahap klasifikasi citra, hasil cropping citra yang telah dikelompok sesuai jenis-jenis aksara jawa diklasifikasi menggunakan metode Convolution Neural Network. Parameter yang digunakan untuk proses klasifikasi menggunakan CNN dijelaskan pada Tabel 2 sebagai berikut

Tabel 4. Parameter Training CNN

Parameter	Nilai
Epoch	150
Batch size	50
Loss function	Category Cross Entropy
Optimizer	Adam
Optimizer metrics	Accuracy

Hasil pengujian dari data uji menggunakan 2400 citra ayng terdiri dair 24 kelas citra hasil cropping. Dari 24 kelas ada 4 aksara jawa yang terdiri dari 2 kelas dikarenakan aksara jawa tersebut tidak menjadi 1 garis yang sama. Berikut adalah hasil klasifikasi dair pembagian 70% untuk data training dan 30% untuk data validasi.

Tabel 5. Hasil Akurasi dan Loss Data Training

No	Epoch	Accuracy	Loss
1.	50	84%	0,463
2.	100	90,53%	0,2492
3.	150	94,27%	0,1541

Tabel 6. Hasil Akurasi dan Loss Data Validasi

No	Epoch	Accuracy	Loss
1.	50	80,26%	0,6388
2.	100	82,66%	0,744
3.	150	84,53%	0,752

Dari hasil percobaan pengaruh epoch terhadap akurasi dan loss ditunjukkan pada Tabel 5 dan Tabel 6. Nilai akurasi pelatihan tertinggi adalah pada jumlah epoch sebanyak 150, yaitu sebesar 94,27 % dengan loss 0,1541 dan akurasi validasi sebesar 84,53 % dengan loss 0,752. Pada ujicoba ini menunjukkan bahwa semakin besar epoch yang digunakan, maka nilai akurasi model pelatihan menjadi semakin tinggi.

4. Kesimpulan dan Saran

Algoritme yang diterapkan dalam pengolahan citra dengan menggunakan proses prapemrosesan yaitu greyscale, biner dan noising gaussian filter. Kemudian melanjutkan ke proses segmentasi citra yaitu adaptive thresholding, operasi morfologi opening dan operasi morfologi closing. Hasil uji coba dengan beberapa kernel yang berbeda antara operasi morfologi opening dan operasi morfologi closing terpilih operasi morfologi closing dengan kernel (45,45) pada bagian dilasi dan kernel (37,37) pada bagian erosi. Hasil dari segmentasi yang terpilih lanjut ke *cropping* dengan bantuan metode CCL dan klasifikasi CNN yang diterapkan untuk mengklasifikasi citra aksara jawa dengan baik. Akurasi yang diperoleh adalah sebesar 94,27 % pada proses klasifikasi menggunakan data training dan akurasi 84,53% pada proses klasifikasi menggunakan data validasi.

Daftar Pustaka

- [1] F. Ilham and N. Rochmawati, "Transliterasi Aksara Jawa Tulisan Tangan ke Tulisan Latin Menggunakan CNN," *Jinacs*, vol. 1, no. 4, pp. 200–208, 2020.
- [2] M. A. Hasan, Y. Riyanto, and D. Riana, "Grape leaf image disease classification using CNN-VGG16 model," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 9, no. 4, pp. 218–223, 2021, doi: 10.14710/jtsiskom.2021.14013.
- [3] V. Chandra *et al.*, "DATA CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR," *J. NUANSA Inform.*, vol. 16, 2022.
- [4] H. P. Hadi and E. H. Rachmawanto, "Ekstraksi Fitur Warna Dan Glem Pada Algoritma Knn Untuk Klasifikasi Kematangan Rambutan," *J. Inform. Polinema*, vol. 8, no. 3, pp. 63–68, 2022, doi: 10.33795/jip.v8i3.949.
- [5] I. Amal, M. Muhammad, and A. B. Kaswar, "Sistem Pendeteksi Kematangan Buah Tomat Berbasis Pengolahan Citra Digital Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan | Ishak | Jurnal MediaTIK," *J. Mediat.*, vol. 5, no. 1, pp. 65–69, 2022, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/mediaTIK/article/view/33214/15753>.
- [6] A. Susanto, "Penerapan Operasi Morfologi Matematika Citra Digital Untuk Ekstraksi Area Plat Nomor Kendaraan Bermotor," *Pseudocode*, vol. 6, no. 1, pp. 49–57, 2019, doi: 10.33369/pseudocode.6.1.49-57.
- [7] F. N. Cahya, N. Hardi, D. Riana, and S. Hadiyanti, "Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)," *Sistemasi*, vol. 10, no. 3, p. 618, 2021, doi: 10.32520/stmsi.v10i3.1248.
- [8] S. Hamzah and D. P. Pamungkas, "Pengenalan Tulisan Tangan Aksara Jawa Menggunakan Metode Learning Vector Quantization (LVQ) dan Euclidean Distance," *Pros. SEMNAS INOTEK (Seminar Nas. Inov. Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 225–230, 2021.
- [9] P. Citra, "KOMBINASI SOBEL , CANNY DAN OTSU UNTUK SEGMENTASI CITRA," *Technologia*, vol. 13, no. 2, pp. 102–107, 2022.
- [10] D. Riana, M. Syahrani, U. N. Mandiri, C. Melayu, and K. J. Timur, "Pengelolaan Citra

- Digital Dengan Menggunakan Metode Transformasi Gryyscale dan Pemerataan Histogram,” *J. Tek. Inform. Kaputama*, vol. 6, no. 1, pp. 108–119, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.kaputama.ac.id/index.php/JTIK/article/view/724>.
- [11] R. Manapa *et al.*, “FILTER CITRA SKETSA WAJAH MENGGUNAKAN DETEKSI FACE SKETCHING FILTER USING PREWITT EDGE DETECTION,” *Pros. Semin. Nas. SAINS*, no. April, pp. 110–115, 2022.
- [12] S. Nasional, T. Elektro, S. Informasi, and T. Informatika, “Deteksi Citra Nomor Panggil Buku Menggunakan Metode Template Matching Studi Kasus Perpustakaan ITATS,” *SNESTIK*, pp. 461–465, 2022.
- [13] J. Hidayat, “Implementasi Metode Otsu Thresholding Pada Binerisasi Citra Wajah,” *J. ONLINE PERSEGI BULAT*, vol. 1, no. 1, 2022.
- [14] D. Mulyana, C. Suhery, T. Rismawan, J. Rekayasa, and S. Komputer, “Application of Gaussian Filter and Histogram Equalization for Repair x-ray Image 1,2,3,” *J. Teknol. Inf. Komun. Digit. Zo.*, vol. x, no. x, pp. 34–43, 2022.
- [15] A. Fauzi, “Pengurangan Derau (Noise) pada Citra Paper Dokumen menggunakan Metode Gaussian Filter dan Median Filter,” *KAKIFIKOM*, vol. 04, no. 01, pp. 7–15, 2022.
- [16] M. Azhar, A. Ghifari, A. P. Sasmito, and D. Rudhistiar, “Aplikasi Pendeteksian Kematangan Tomat Menggunakan Thresholding,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 1, pp. 294–300, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/4606>.
- [17] E. Pranita, “Analisis Karakterisasi Penyakit pada Tanaman Pisang Menggunakan Kamera Termal dengan Metode Tresholding,” *Electrician*, vol. 16, no. 1, pp. 73–80, 2022, doi: 10.23960/elc.v16n1.2278.
- [18] F. Warna and M. K. Neighbors, “Klasifikasi Kematangan Daun Selada Berdasarkan,” *Techno Xplore*, vol. 7, no. 1, pp. 35–44, 2022.
- [19] A. N. Asti, R. Passarella, and Sutarno, “Pengolahan Citra Radiograf Panoramik Pada Deteksi Filling Gigi Manusia,” *J. Sist. Komput.*, pp. 13–18, 2022.
- [20] J. Banjarnahor, W. F. Giawa, W. P. P. Simamora, D. Pratiwi, R. Rahil, and E. Indra, “Analisis Sistem Menggunakan Metode Substraksi Untuk Model Lalu Lintas Kendaraan Secara Realtime,” *J. Sist. Inf. dan Ilmu Komput. Prima (JUSIKOM PRIMA)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2021, doi: 10.34012/journalsisteminformasidanilmukomputer.v5i1.1891.
- [21] A. Pranadia and E. Rachmawati, “Deteksi Jenis Kendaraan Berdasarkan Nomor Plat Menggunakan Metode Vertical Edge Detection dan Connected Component Labelling,” *J. Tugas Akhir Fak. Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 3014–3027, 2021.
- [22] Hidayat Deni, “KLASIFIKASI JENIS MANGGA BERDASARKAN BENTUK DAN TEKSTUR DAUN MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIO NALNEURAL NETWORK(CNN),” *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 5, pp. 9–25, 2022.
- [23] M. F. Aslan, K. Sabanci, A. Durdu, and M. F. Unlersen, “COVID-19 diagnosis using state-of-the-art CNN architecture features and Bayesian Optimization,” *Comput. Biol.*

Med., vol. 142, no. October 2021, p. 105244, 2022, doi:
10.1016/j.compbiomed.2022.105244.