

Penentuan Ukuran Citra Minimal Sistem Konversi Aksara Sunda dengan Metode *Template Matching Correlation*

UUNG UNGKAWA¹, RACHMAT FAUZI², NYAI ROHAETI³

^{1,2}Program Studi Informatika, Institut Teknologi Nasional Bandung

³SMP Nur Kautsar Kabupaten Bandung

Email: uung@itenas.ac.id

Received 6 November 2022 | *Revised* 2 Desember 2022 | *Accepted* 21 Desember 2022

ABSTRAK

Aksara Sunda banyak ditemui di banyak tempat. Untuk itu, dibutuhkan sistem yang dapat menerjemahkan aksara Sunda ke dalam huruf latin. Dalam penelitian ini dibangun sebuah sistem yang mampu membantu orang memahaminya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ukuran citra minimal yang masih dapat dikenali dengan akurasi di atas 50%. Untuk itu dalam eksperimen ini dibuat tiga ukuran: kecil (5x5 pixel), sedang (10x10 pixel), besar (15x15 pixel). Sistem menggunakan algoritma *Template Matching Correlation*. Tahapan pertama yaitu proses akuisisi citra digital kedalam sistem, dilanjutkan dengan tahapan *pre-processing*. Sistem kemudian melakukan tahapan segmentasi baris, kata, dan huruf lalu dilakukan normalisasi. Citra hasil normalisasi diklasifikasi sesuai dengan label yang memiliki nilai korelasi terbesar. Hasil pengujian untuk citra yang dinormalisasi dengan ukuran besar didapat nilai akurasi sebesar 83,66%, untuk citra dengan ukuran sedang didapat akurasi sebesar 33,66%, dan untuk ukuran kecil didapat akurasi sebesar 8,33%.

Kata kunci: *Pengolahan Citra, Aksara Sunda, Template Matching Correlation*

ABSTRACT

Sundanese script can be found in many places. For this reason, we need a system that can translate Sundanese script into Latin letters. In this research, we build a system for helping people understand it. This study aims to determine the minimum image size that can still be recognized with accuracy more than 50%. For this reason, we normalize three image sizes: large (15x15 pixels), medium (10x10 pixels), small (5x5 pixels). The system uses the *Template Matching Correlation* algorithm. The first stage is the process of acquiring digital images into the system, followed by the *pre-processing* stage. The system then performs line, word, and letter segmentation stages and then normalizes them. The normalized image is classified according to the label that has the highest correlation value. The results for normalized images with large sizes obtained an accuracy of 83.66%, for medium sizes obtained an accuracy of 33.66%, and for small sizes have an accuracy of 8.33%.

Keywords: *Image Processing, Sundanese Script, Template Matching Correlation*

1. PENDAHULUAN

Bahasa Sunda merupakan satu dari banyaknya bahasa daerah yang ada di Indonesia. Sebagian besar daerah di Jawa Barat menggunakan bahasa Sunda untuk berkomunikasi sehari-hari. Bahasa Sunda memiliki bentuk aksaranya sendiri dan dihidupkan kembali dengan diresmikannya pada tahun 1999 sebagai aksara Sunda Baku sebagai acuan ke depannya. Banyak jenis aksara Sunda baku salah satunya adalah Aksara Ngalagena. Aksara Ngalagena merupakan aksara dasar yang terdiri dari 23 jenis huruf konsonan. Di setiap jenis huruf memiliki perbedaan bentuk namun ada beberapa karakter yang memiliki bentuk yang mirip.

Seiring waktu dengan diikuti perkembangan jaman penggunaan aksara Sunda telah lama ditinggalkan dan tidak sedikit masyarakat Sunda sendiri tidak bisa membaca aksara Sunda dengan benar. Selain itu banyak tulisan aksara Sunda di beberapa tempat seperti tempat bersejarah, lokasi wisata yang banyak menjelaskan dengan menggunakan tulisan aksara Sunda, serta bacaan yang menggunakan aksara Sunda yang seringkali sebagai masyarakat Sunda asli maupun di luar itu tidak dapat memahami artinya. Tentu saja masyarakat membutuhkan sarana agar tetap dapat memahami arti dari tulisan tersebut yakni sistem yang dapat mengubah tulisan aksara Sunda kedalam bentuk tulisan huruf latin.

Permasalahan yang sering muncul dalam konversi aksara Sunda adalah akurasi (**Amalia et al., 2020**), (**Rahmawati et al., 2021**), (**Purnama et al., 2022**) sehingga dalam penelitian ini untuk solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan cara membuat sebuah sistem yang dapat mengenali bentuk tulisan dan pola pada citra yang berbentuk aksara Sunda yang menjadi objek penelitian, adapun upaya untuk meningkatkan nilai akurasi dengan cara memperbanyak data latih. Selanjutnya pada sistem yang dibuat menggunakan beberapa proses pengolahan citra digital. Pada pengolahan citra digital diperlukan tahapan *pre-processing* untuk memperbaiki kualitas citra (**Nugroho et al., 2014**). Tahapan selanjutnya setelah *pre-processing* adalah tahap segmentasi. Fokus pada tahap ini adalah untuk memisahkan setiap huruf pada baris kata atau kalimat. Setelah tahap segmentasi berhasil kemudian sistem memasuki tahap normalisasi dengan tujuan menyesuaikan data latih dan data uji, kemudian dilanjutkan dengan proses pengenalan bentuk dengan menggunakan metode *Template Matching Correlation*. Metode ini bekerja dengan menghitung nilai korelasi antara citra latih dan citra uji dengan tujuan untuk mencari hasil terbaik yang mendekati nilai satu (**Angraheni et al., 2017**). Tahap akhir setelah dilakukannya tahap-tahap sebelumnya yaitu dilakukannya proses konversi citra yang sebelumnya telah terdeteksi sebagai objek kedalam bentuk teks sesuai dengan label dari citra data latih yang memiliki nilai kolerasi yang tertinggi, sehingga didapatkan hasil akhir berupa teks dalam huruf latin.

Adapun dalam penelitian ini dibuat sebuah sistem yang membandingkan nilai akurasi pengenalan dari tiga ukuran citra pada proses normalisasi yang berbeda untuk mengkonversi aksara Sunda ke dalam huruf latin, untuk ditentukan ukuran citra minimalnya yang masih bisa dikenali dengan baik (akurasi di atas 50%). Kedua, dalam sistem ini juga diteliti keberhasilan teknik segmentasi dengan deteksi warna batas.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode sistem yang digunakan menggunakan *Template Matching Correlation*. Metode ini cocok digunakan untuk mencari dua variable atau lebih yang sifatnya kuantitatif. Agar pengenalan dan pendeteksian tercapai, citra masukan akan dibandingkan dengan setiap template untuk menemukan kecocokan yang tepat dan sesuai dengan representasi terdekat dari citra yang diinputkan. Tingkat kesamaan pola dan ciri tersebut

direpresentasikan sebagai nilai korelasi yang merupakan output dari metode *Template Matching Correlation*. Nilai korelasi didapat dengan menggunakan persamaan berikut:

$$r = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i) \sum_{k=1}^n (x_{jk} - \bar{x}_j)\}}} \quad (1)$$

- r : nilai korelasi antara dua buah matriks (rentang nilai -1 dan +1)
 x_{ik} : nilai piksel ke k dalam matriks i
 x_{jk} : nilai piksel ke k dalam matriks j
 \bar{x}_i : nilai rata-rata dari piksel matriks i
 \bar{x}_j : nilai rata-rata dari piksel matriks j
 n : jumlah piksel pada suatu matriks

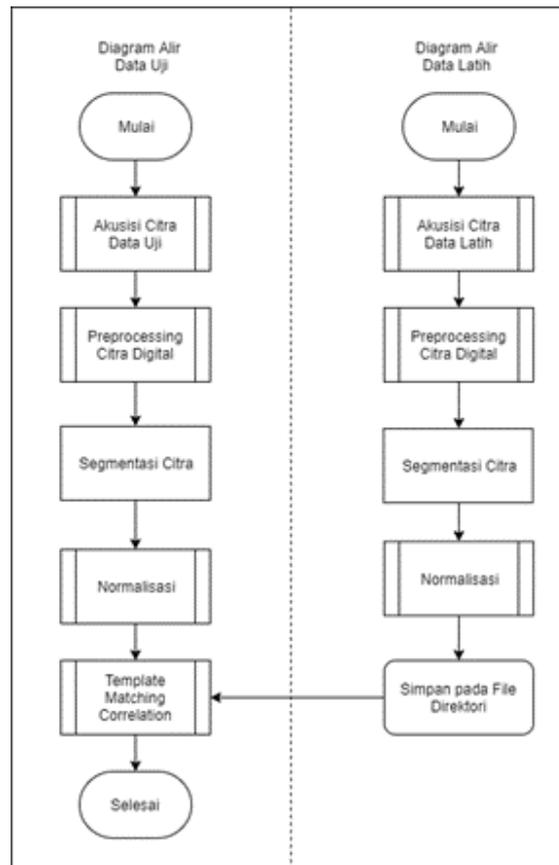
Dari sini \bar{x}_i dan \bar{x}_j dapat dihitung dengan persamaan :

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{ik} \text{ dan } \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{jk} \quad (2)$$

Nilai yang dihasilkan dari Persamaan (1) dan (2) di atas akan berbeda diantara 0 sampai dengan 1. Jika nilai korelasi semakin mendekati 1 maka kedua matriks tersebut memiliki tingkat kemiripan yang tinggi.

Cara kerja sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1. Beberapa tahapan secara menyeluruh tersebut yaitu :

1. Akuisisi Citra: pada proses ini user memasukan sebuah citra ke dalam sistem untuk kemudian diolah oleh sistem pada proses selanjutnya. Penjelasan lebih rinci tentang akuisisi citra akan dibahas pada subbab selanjutnya
2. Preprocessing Citra Digital: tahapan ini bertujuan untuk mengurangi noise yang ada pada citra sehingga dapat meningkatkan keberhasilan sistem pada tahap selanjutnya yaitu segmentasi.
3. Segmentasi citra dilakukan pada sistem ini dengan tujuan memisahkan setiap baris dan huruf yang ada pada citra. Keberhasilan sistem dalam melakukan segmentasi sangat bergantung pada proses sebelumnya yaitu tahapan preprocessing. Tahapan ini dilakukan dengan cara menentukan kordinat objek yang bernilai RGB (Red Green Blue) masing-masing 255 (putih). Karena citra sudah hitam putih, latar belakang berwarna hitam (RGB masing-masing 0). Yang berwarna putih dipotong menjadi sebuah citra (aksara). Jika di dalam citra terdapat beberapa objek maka citra akan terpisah menjadi beberapa bagian citra (aksara).
4. Normalisasi citra bertujuan untuk menyesuaikan citra latih dengan citra uji.
5. Tahapan ke lima pada diagram alir data uji yaitu tahapan klasifikasi menggunakan *Template Matching Correlation* sedangkan pada data latih yaitu tahapan penyimpanan citra yang telah dilakukan tahapan-tahapan sebelumnya di dalam sebuah file direktori.



Gambar 1. Flowchart Alur Sistem

a. Akuisisi Citra

Proses akuisisi citra dilakukan oleh pengguna dan terdiri dari 3 tahapan yaitu :

1. Tahap pengguna memasukan sebuah file berupa citra digital kedalam sistem. File citra yang dapat dimasukan pengguna dapat berupa file gambar seperti .png, .jpg, .jpeg.
2. Selanjutnya sistem akan mengambil sebuah informasi citra digital berupa matriks nilai piksel yang ada pada citra.
3. Hasil akhir dari tahap akuisisi citra merupakan citra yang telah dikenali nilai matriks pikselnya.

Untuk ilustrasi, ambil citra pada Gambar 2:



Gambar 2. Citra input

b. Pre-Processing

Pre-Processing (Ahmed Abbood et al., 2014) citra dilakukan dengan masukan berupa citra akuisisi yang telah dikenali nilai matriks pikselnya pada tahapan sebelumnya. Tahapan *pre-processing* dibagi kedalam 3 sub-proses yaitu:

1. *Grayscale* : Tahapan ini merupakan sebuah proses awal pada *pre-processing* citra. Pada tahap ini citra masukan dikonversi menjadi citra grayscale sehingga citra memiliki intensitas nilai piksel keabuan (0 -255). Contoh hasil sub proses ini tampak seperti Gambar 3.



Gambar 3. Hasil grayscale

2. *Low Pass Filtering* : Pada tahap ini citra yang telah dilakukan grayscale dilakukan proses konvolusi menggunakan kernel *Low Pass Filter* sehingga menghasilkan citra yang lebih halus. Hasil Low-pass filtering tampak seperti Gambar 4.



Gambar 4. Hasil low-pass filtering

3. *Thresholding* : Pada tahap ini citra hasil Low Pass Filtering dibagi kedalam dua kelas yaitu hitam & putih (0 & 255). Tahapan ini diperlukan untuk memisahkan bagian yang menjadi objek (Aksara Sunda Baku) dan background. Hasil thresholding tampak seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil thresholding

c. Segmentasi Citra

Pada proses segmentasi dilakukan sebanyak tiga kali yaitu tahapan segmentasi baris, segmentasi kata dan segmentasi huruf. Tahapan segmentasi baris dilakukan dengan menggunakan metode Dilasi Strel (*Structuring Element*) horizontal (**Srisha & Khan, 2013**), (**Gil & Kimmel, 2003**) sehingga menghasilkan citra seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Segmentasi Baris

Setelah dilakukan segmentasi baris selanjutnya dilakukan proses segmentasi setiap kata sehingga citra terpecah menjadi beberapa bagian sesuai dengan objek yang dikenali oleh sistem. Hasil dari segmentasi huruf direpresentasikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Segmentasi Kata

Setelah dilakukan segmentasi kata selanjutnya dilakukan proses segmentasi setiap huruf menggunakan strel vertical sampai citra memisah menjadi beberapa bagian sesuai dengan objek yang dikenali oleh sistem. Hasil dari segmentasi huruf direpresentasikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Segmentasi Huruf

d. Normalisasi

Tahap normalisasi terdiri dari 2 sub-proses yaitu :

1. *Resizing*: Pada tahap ini terdapat tiga ukuran yang akan dilakukan pengujian, dengan merubah ukuran citra uji sesuai dengan yang akan diteliti dan ada pada data latih yaitu 15x15 piksel (Gambar 9), 10x10 piksel (Gambar 10), dan 5x5 piksel (Gambar 11).



Gambar 9. Hasil *Resizing* 15x15 Piksel



Gambar 10. Hasil Hasil *Resizing* 10x10 Piksel



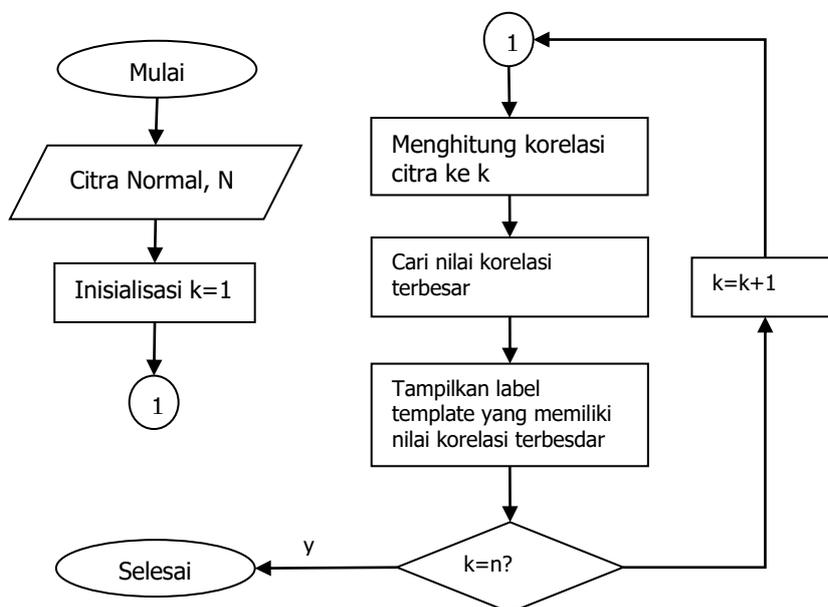
Gambar 11. Hasil Hasil *Resizing* 5x5 Piksel

2. *Thinning*: Proses ini bertujuan untuk mengurangi ketebalan piksel pada huruf sehingga menghasilkan informasi yang diperlukan saja oleh sistem. Proses thinning bekerja dengan cara merubah piksel tengah citra dalam jendela 3x3 menggunakan algoritma Hilditch's, sampai keseluruhan piksel yang ada pada matriks citra sehingga menghasilkan ketebalan huruf ≤ 2 piksel.

e. Template Matching Correlation

Proses selanjutnya merupakan proses klasifikasi menggunakan metode *Template Matching Correlation* (Hartanto et al., 2015), (Lamghari et al., 2016), (Arif & Sabar, 2012). Gambar 12 menjelaskan bagaimana alur dari proses *Template Matching Correlation*. Seperti pada Gambar 12, pada proses ini citra normal (K) pertama sampai dengan jumlah citra normalisasi (N) dihitung nilai korelasinya dengan setiap citra latih yang terdapat pada file direktori. Nilai korelasi terbaik merupakan nilai korelasi terbesar yang paling mendekati (nilai 1). Setelah didapatkan nilai korelasi terbaik sistem akan mengkonversi citra tersebut kedalam

label yang dimiliki data latih. Proses tersebut akan terus berulang sesuai dengan jumlah huruf/objek yang telah tersegmentasi oleh sistem.



Gambar 12. Proses *Template Matching*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan dengan menghitung akurasi, *presisi*, *recall* dan *F Measure* (Powers, 2011) (Cristani et al., 2022). Nilai akurasi, *presisi*, *recall*, dan *F Measure* sistem dalam mengenali huruf didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \tag{3}$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \tag{4}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \tag{5}$$

$$F\ Measure = 2 \times \frac{(Precision \times Recall)}{(Precision+Recall)} \tag{6}$$

Di mana :

TP (True Positive) = Correct Result

FP (False Positive) = Unexpected Result

FN (False Negative) = Missing Result

TN (True Negative) = Correct Absence of result.

a. Kasus Uji

Dalam eksperimen, kami membuat tiga kelompok citra uji: citra uji satu baris (Tabel 1), citra uji dua baris (Tabel 2) masing-masing terdiri dari lima sampel citra dan citra uji tiga baris (Tabel 3) yang terdiri dari tiga sampel. Setiap citra uji diubah ukurannya dalam normalisasi menjadi 15x15 piksel, 10x10 piksel, dan 5x5 piksel. Berikut tabel citra uji yang dimaksud:

Tabel 1. Citra Uji Satu Baris

No Citra Uji	Citra Asli	Terjemahan Latin
1-1	ገገገ ሀሀሀ ለለለ ለለለ	BaHaSa Pangabasa NgaRaJa
1-2	ገገ ለለ ለለ ለለ ለለ	BaPa SaYa NgaRaNa LaLa
1-3	ገገ ገገ ገገ ገገ ገገ	JaMaNa BaLaGa KaSaSaHa
1-4	ገገገ ገገ ገገ ገገ	SaBaRaHa KaCa SaDaYaNa
1-5	ገገ ገገ ገገ ገገ	DaTaNa BaWa CaRaLa

Tabel 2. Citra Uji Dua Baris

No Citra Uji	Citra Uji	Terjemahan Latin
2-1	ገገገ ሀሀሀ ለለለ ለለለ ገገገ ገገገ ገገገ	Bahasa Pangabasa Ngaraja Wayahana Barala
2-2	ገገገ ገገ ገገ ገገ ገገ ገገ ገገ ገገ ገገ	Bapana Zaqa Kaya Raya Mawa Saha Jajaka
2-3	ገገ ገገ ገገ ገገ ገገ ገገገ ገገገ ገገገ	Jamana Balaga Kasasaha Wayahana Barala
2-4	ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ	Kanada Nagara Kaya Ngarasa Katana Kamamana
2-5	ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ	Karasa Hawana Nyata Ragana Kajaga

Tabel 3. Citra Uji Tiga Baris

No Citra Uji	Citra Asli	Output Seharusnya
3-1	ገገገ ሀሀሀ ለለለ ለለለ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ	Bahasa Pangabasa Ngaraja Ngarasa Katana Kamamana Ngagaya Mawa Sasama
3-2	ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ ሀሀሀ ለለለ ለለለ ገገገ ገገገ ገገገ	Jawarana Nyanganga Bahasa Pangabasa Ngaraja Mawa Raga Baraya
3-3	ገገ ገገ ገገ ገገ ገገ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ ገገገ	Jamana Balaga Kasasaha Wayahana Barala Xalamana Kanyatana

b. Kinerja Sistem Rata-Rata Hasil Eksperimen

Dengan menggunakan Persamaan (3), (4), (5) dan (6), diperoleh hasil seperti pada Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 4. Kinerja Sistem untuk Citra 15x15 Pixel

STUDI KASUS	AKURASI	PRESISI	RECALL	F-MEASURE
Satu Baris	87,50%	87,50%	100%	93,33%
Dua Baris	83%	83%	100%	90,6%
Tiga Baris	80,49%	80,49%	100%	89,15%
Rata-Rata	83,66%	83,66%	100%	91%

Tabel 5. Kinerja Sistem untuk Citra 10x10 Pixel

STUDI KASUS	AKURASI	PRESISI	RECALL	F-MEASURE
Satu Baris	32,4%	32,4%	100%	48,40%
Dua Baris	35,60%	35,60%	100%	52,20%
Tiga Baris	32,93%	32,93%	100%	49,33%
Rata-Rata	33,66%	33,66%	100%	50%

Tabel 6. Kinerja Sistem untuk Citra 5x5 Pixel

STUDI KASUS	AKURASI	PRESISI	RECALL	F-MEASURE
Satu Baris	8,60%	8,60%	60%	14,8%
Dua Baris	12,20%	12,20%	80%	15,8%
Tiga Baris	3,71%	3,71%	66,66%	7,00%
Rata-Rata	8,33%	8,33%	69%	12,6%

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian pada tiga studi kasus yang telah dilakukan, algoritma *Template Matching Correlation* mampu melakukan klasifikasi aksara Sunda baku pada citra yang sudah di normalisasi menjadi 15x15 piksel dengan nilai total rata-rata persentase akurasi sebesar 83,66%, presisi sebesar 83,66%, recall sebesar 100%, dan F Measure sebesar 91,00%. Pada ukuran normalisasi citra 10x10 piksel mendapatkan nilai akurasi sebesar 33,66%, presisi sebesar 33,66%, recall sebesar 100% dan F Measure 50,00% dan tergolong cukup untuk melakukan klasifikasi aksara Sunda menjadi huruf latin. Sedangkan pada pengujian ukuran normalisasi citra 5x5 piksel mendapatkan nilai akurasi sebesar 8,33%, presisi sebesar 8,33%, recall sebesar 69,00% dan F Measure 12,60%, dimana pada pengujian normalisasi 5x5 piksel tergolong sangat kurang untuk melakukan klasifikasi aksara Sunda menjadi huruf latin.

Dengan demikian, metode *Template Matching Correlation* bisa diterapkan pada ukuran citra minimal 15x5 pixel karena pada ukuran 10x10 pixel, akurasi sudah turun drastis pada kisaran di bawah 50%. Ini berarti pada ukuran 10x10%, akurasi sudah minoritas. Kedua, dalam hal segmentasi, sudah dapat menghasilkan segmentasi yang sesuai jumlah baris dan jumlah karakter karena dalam semua kasus uji, tidak ada baris ataupun karakter yang hilang.

DAFTAR RUJUKAN

- Ahmed Abbood, A., Sulong, G., & Peters, S. U. (2014). A review of fingerprint image pre-processing. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 69(2), 79–84. <https://doi.org/10.11113/jt.v69.3111>
- Amalia, N., Hidayat, E. W., & Aldya, A. P. (2020). Pengenalan Aksara Sunda Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Dan Deteksi Tepi Canny. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 5(1), 19. <https://doi.org/10.24114/cess.v5i1.14839>
- Angraheni, N. R., Efendi, R., & Purwandari, E. P. (2017). Pengenalan Tulisan Tangan huruf Hijaiyah sambung menggunakan Algoritma Template Matching Correlation. *Jurnal Rekursif*, 5(1), 21–31.
- Arif, Y. M., & Sabar, A. (2012). Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Template Matching. *MATICS*.
- Cristani, M., Olivieri, F., Workneh, T., Pasetto, L., & Tomazzoli, C. (2022). Classification Rules Explain Machine Learning. *Proceedings Of the 14th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART2022) - Volume 3, Pages 897-904*, 3(Icaart), 897–904. <https://doi.org/10.5220/0010927300003116>
- Gil, J. Y., & Kimmel, R. (2003). Efficient dilation, erosion, opening, and closing algorithms. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(12), 1606–1617. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2002.1114852>
- Hartanto, S., Sugiharto, A., & Endah, S. N. (2015). Optical Character Recognition Menggunakan Algoritma Template Matching Correlation. *Jurnal Masyarakat Informatika*, 5(9). <https://doi.org/10.14710/jmasif.5.9.1-12>
- Lamghari, N., Charaf, M. E. H., & Raghay, S. (2016). Template Matching for Recognition of Handwritten Arabic Characters Using Structural Characteristics and Freeman Code. *(IJCSIS) International Journal of Computer Science and Information Security*, 14(12), 31–40.
- Nugroho, D. C., Sulistiyo, M. D., & Purnama, B. (2014). *Optical Character Recognition Pada Smart Phone Menggunakan Contour Analysis Dan Feature*. September.
- Powers, D. M. W. (2011). Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation. *Journal of Machine Learning Technologies*, 2(1). <https://doi.org/10.9735/2229-3981>
- Purnama, A., Bahri, S., Gunawan, G., Hidayatulloh, T., & Suhada, S. (2022). Implementation of Deep Learning for Handwriting Imagery of Sundanese Script Using Convolutional

Neural Network Algorithm (CNN). *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 14(1), 10–16.
<https://doi.org/10.33096/ilkom.v14i1.989.10-16>

Rahmawati, S. N., Hidayat, E. W., & Mubarak, H. (2021). Implementasi Deep Learning Pada Pengenalan Aksara Sunda Menggunakan Metode Convolutional Neural Network. *INSERT: Information System and Emerging Technology Journal*, 2(1), 46.
<https://doi.org/10.23887/insert.v2i1.37405>

Srisha, R., & Khan, A. (2013). Morphological Operations for Image Processing: Understanding and its Applications. *NCVSComs-13 Coference Proc, December*, 17–19.