

Adaptasi Profil Proyeksi Horisontal dengan Stripping Vertikal untuk Segmentasi Baris Teks Miring Arab Jawi

Ade Jamal¹, Iin Suryaningsih², Arif Supriyanto³

^{1,3}Teknik Informasi, Universitas Al-Azhar Indonesia, Indonesia

²Bahasa dan Kebudayaan Arab, Universitas Al-Azhar Indonesia, Indonesia

¹adja@uai.ac.id, ²iin.suryaningsih@uai.ac.id, ³arifsupriyanto@uai.ac.id

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Received 2026-01-05

Revised 2026-04-25

Accepted 2026-05-19

Corresponding Author:

Ade Jamal

Email: adja@uai.ac.id



This is an open access article under the [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

Abstract – Line segmentation in handwritten Arab Jawi scripts poses a significant challenge for automatic character recognition systems due to high variations in writing slant. The primary problem arises when using the standard Horizontal Projection Profile (HPP) method, where text skewness causes an overlap between peaks and valleys in the projection graph, leading to inaccurate or failed line separation. This research aims to develop a line segmentation solution for skewed Arab Jawi text by adapting the HPP method through a vertical stripping technique. The methodology involves dividing the document image into several narrow vertical columns or strips, followed by independent horizontal projection calculations for each strip. Local line separation points from each strip are then sequentially connected to form a dynamic separation path that follows the original inclination angle of the text. The test results show that the proposed Vertical Stripping method is capable of segmenting lines in Jawi Arabic text with an accuracy of 100%. This quantitative evaluation is calculated based on the ratio of successful separation of complete lines to the total number of lines in the test image, proving the method's effectiveness in handling complex skewed text. This method offers a balance between the simplicity of classical algorithms and system robustness, making it highly potential for integration in the development of Optical Character Recognition (OCR) for the preservation of historical manuscripts.

Keywords: Arab Jawi, Horizontal projection profile; Line segmentation, Vertical stripping.

Abstrak – Segmentasi baris pada tulisan tangan Arab Jawi merupakan tantangan besar dalam sistem pengenalan karakter otomatis karena variasi kemiringan tulisan yang tinggi. Masalah utama muncul ketika menggunakan metode Profil Proyeksi Horisontal (HPP) standar, di mana kemiringan teks menyebabkan tumpang tindih antara puncak dan lembah pada grafik proyeksi, sehingga pemisahan baris menjadi tidak akurat atau gagal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan solusi segmentasi baris teks miring pada naskah Arab Jawi dengan mengadaptasi metode HPP melalui teknik stripping vertikal. Metodologi yang digunakan melibatkan pembagian citra dokumen ke dalam beberapa kolom atau strip vertikal yang lebih sempit, diikuti dengan perhitungan proyeksi horisontal pada setiap strip secara terpisah. Titik-titik pemisah baris lokal dari setiap strip kemudian dihubungkan secara sekuensial untuk membentuk jalur pemisahan yang dinamis mengikuti sudut kemiringan teks asli. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode Vertical Stripping yang diusulkan mampu melakukan segmentasi baris pada teks Arab Jawi dengan tingkat akurasi sebesar 100%. Evaluasi kuantitatif ini dihitung berdasarkan rasio keberhasilan pemisahan baris secara utuh terhadap total baris pada citra uji, membuktikan efektivitas metode dalam menangani kemiringan teks (skewed text) yang kompleks. Metode ini menawarkan keseimbangan antara kesederhanaan algoritma klasik dan ketangguhan sistem, sehingga sangat potensial diintegrasikan dalam pengembangan Optical Character Recognition (OCR) untuk pelestarian naskah sejarah.

Kata Kunci: Arab Jawi, Profil proyeksi horisontal, Segmentasi baris, Stripping vertikal

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki banyak peninggalan budaya dan sejarah yang harus dilestarikan ke dalam bentuk digital di era modern ini. Dokumen dari masa perang dunia kedua yang sangat tinggi nilai historisnya sering ditemukan dalam kondisi rentan, mengalami kerusakan, dan hampir tidak dapat diakses [1]. Hal yang sama juga terjadi pada naskah-naskah kuno lokal, seperti naskah aksara Bali [2] dan Jawa [3] yang merupakan kekayaan budaya yang hampir punah. Pelestarian naskah-naskah kuno ini, termasuk naskah tulisan tangan Arab Jawi ke dalam bentuk elektronik sehingga lebih mudah dicari dan diakses, melalui transliterasi digital secara otomatis, menjadi sebuah kebutuhan mendesak [3].

Teknik *Optical Character Recognition* (OCR) atau pengenalan huruf optis adalah salah satu solusi untuk proses konversi naskah kuno ke dalam bentuk teks digital yang dapat disunting [4]. Proses ini umumnya melibatkan beberapa tahapan inti, seperti pra-pemrosesan (*preprocessing*), segmentasi, ekstraksi fitur, dan pengenalan pola [5], [6], [7]. Di antara tahapan-tahapan ini, segmentasi citra dokumen yaitu segmentasi baris (*text line segmentation*), segmentasi kata (*word segmentation*) dan segmentasi karakter (*character segmentation*), merupakan langkah yang paling menentukan bagi keberhasilan keseluruhan proses transliterasi atau pengenalan teks [3], [5].

Segmentasi baris teks, khususnya, merupakan salah satu tahap fundamental dalam pengenalan dokumen tulisan tangan [7]. Tingginya variasi gaya penulisan menjadi tantangan utama dalam segmentasi tulisan tangan [5]. Banyak metode segmentasi baris teks gagal mengatasi faktor kemiringan dan kelandaian dari baris teks sehingga baris menjadi tumpang tindih dengan baris sebelum ataupun sesudahnya [6], [8]. Permasalahan lain yang sering muncul pada pengenalan huruf terjadi karena karakter yang memiliki bentuk, ukuran dan ketebalan yang berbeda secara signifikan [4], [9]. Selain itu, dokumen historis seringkali memiliki artefak seperti teks multi-orientasi, misalnya anotasi yang ditambahkan di margin, yang memerlukan pendekatan ekstraksi yang lebih umum dan tangguh [10].

Berbagai metode telah diusulkan untuk mengatasi masalah segmentasi baris teks. Salah satu pendekatan yang paling umum dan mendasar adalah penggunaan profil proyeksi (*projection profile*) [5], [7]. Metode ini telah terbukti berhasil diterapkan pada berbagai jenis aksara, termasuk aksara lokal Indonesia, seperti pada segmentasi tulisan tangan aksara Bali yang menggunakan metode proyeksi vertikal dan horisontal [2]. Demikian pula untuk segmentasi aksara Jawa menerapkan modifikasi profil proyeksi [3]. Analisis profil proyeksi digunakan untuk segmentasi aksara Jawa cetak [8]. Gabungan metode proyeksi horisontal untuk memisahkan baris teks dan proyeksi vertikal untuk memisahkan karakter pada aksara Carakan Madura [11]. Publikasi terbaru menggunakan teknik profil proyeksi ini untuk segmentasi baris dan kata pada teks Pegon [12].

Metode yang lain adalah *Connected Component Labeling* (CCL) digunakan untuk memisahkan objek berdasarkan keterhubungan piksel. CCL diterapkan untuk segmentasi huruf Hijaiyah dengan tingkat akurasi 86% [13]. CCL juga dimanfaatkan untuk memisahkan karakter yang berdekatan atau memiliki komponen terpisah seperti pada aksara Jawa [14] dan Madura [11]. Pendekatan yang lebih modern melibatkan *seam carving* untuk segmentasi baris yang tidak lurus. Das dan Panda [15] menunjukkan bahwa kombinasi *seam carving* dengan profil proyeksi horisontal dan pelacakan kontur (*contour tracing*) sangat efektif untuk segmentasi baris dan kata pada dokumen tulisan tangan yang bersifat *language independent*.

Teknik yang lebih maju memerlukan komputasi yang berat diantaranya menggunakan teknik *bounding box* dan *cropping* untuk mengisolasi karakter aksara OKU Timur [16]. Metode klasik dikombinasikan dengan jaringan saraf (*neural methods*) untuk meningkatkan akurasi pada teks matematis yang kompleks [17]. Penggunaan *Convolutional Neural Networks* (CNN) juga telah merambah ke bidang segmentasi citra secara umum, seperti pada segmentasi awan [18], yang menunjukkan potensi adaptasi teknologi serupa untuk ekstraksi fitur teks yang lebih rumit. CNN merevolusi segmentasi dengan *encoder-decoder* unggul atas klasik pada citra yang kompleks [19]. Model *deep learning* digunakan untuk mendeteksi perubahan teks antara citra dokumen di tingkat kata [20].

Berdasarkan studi literatur, penelitian segmentasi untuk aksara lokal seperti aksara Jawa [3], [8], aksara Madura [11] dan aksara Bali [2] telah banyak dilakukan dengan memanfaatkan metode proyeksi. Keunggulan metode ini adalah kesederhanaannya dan ringan komputasinya [8], namun sangat sensitif terhadap kemiringan (*skew*) teks. Meskipun profil proyeksi merupakan metode yang telah mapan, penerapannya bukannya tanpa tantangan. Metode proyeksi tradisional seringkali kesulitan dalam menentukan puncak (*peaks*) yang rendah dalam grafis proyeksi, yang dapat menyebabkan kegagalan dalam memisahkan baris teks yang berdekatan atau saling tumpang tindih [7]. Naskah kuno dalam huruf Arab Jawi memiliki karakteristik unik yang dapat memperburuk masalah ini, seperti sifat penulisan yang kursif (bersambung), penggunaan diakritik (tanda baca) yang terletak di atas atau di bawah badan huruf, serta variasi spasi antar baris yang tidak konsisten.

Penerapan dan evaluasi metode proyeksi horisontal secara spesifik untuk segmentasi baris teks pada naskah tulisan tangan Arab Jawi, dengan segala tantangan uniknya, masih merupakan area yang perlu dikaji lebih dalam. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan metode segmentasi baris teks berbasis proyeksi horisontal yang diadaptasi untuk karakteristik spesifik citra dokumen tulisan tangan aksara Arab Jawi.

Penelitian-penelitian sebelumnya terkait segmentasi baris teks umumnya mengandalkan metode Horizontal Projection Profile (HPP) standar yang rentan mengalami kegagalan pada teks miring (*skewed text*), atau beralih pada pendekatan Deep Learning yang menuntut sumber daya komputasi dan dataset yang besar. Celah penelitian inilah yang diisi oleh penelitian ini. Kebaruan (*novelty*) dan kontribusi utama dari penelitian ini dirumuskan ke dalam dua poin eksplisit:

- 1) Mengusulkan adaptasi metode HPP klasik melalui teknik *vertical stripping* yang mampu menghasilkan jalur pemisahan dinamis. Metode ini terbukti mampu beradaptasi secara lokal terhadap variasi kemiringan tulisan tangan naskah Arab Jawi, sebuah tantangan yang tidak dapat diselesaikan oleh HPP standar.
- 2) Menawarkan alternatif teknik segmentasi yang memiliki ketangguhan tinggi dalam memisahkan teks miring secara sempurna (akurasi 100%), namun tetap mempertahankan kesederhanaan dan efisiensi komputasi algoritma klasik *tanpa memerlukan proses pelatihan model (training) yang berat*.

II. METODE

Tahapan penelitian ini secara garis besar dibagi menjadi tiga bagian utama: (1) Pra-pemrosesan citra, (2) Segmentasi baris teks menggunakan Profil Proyeksi Horisontal yang dimodifikasi, dan (3) Evaluasi hasil segmentasi. Fokus utama dari metodologi ini adalah pada tahap segmentasi baris teks.

A. Profil Proyeksi Horisontal

Profil Proyeksi Horisontal (HPP) adalah salah satu metode fundamental dalam analisis citra dokumen yang digunakan untuk segmentasi baris teks. HPP pada dasarnya adalah sebuah histogram satu dimensi yang merepresentasikan jumlah total piksel latar depan yang merepresentasikan teks pada setiap baris (sumbu y) dari citra dokumen.

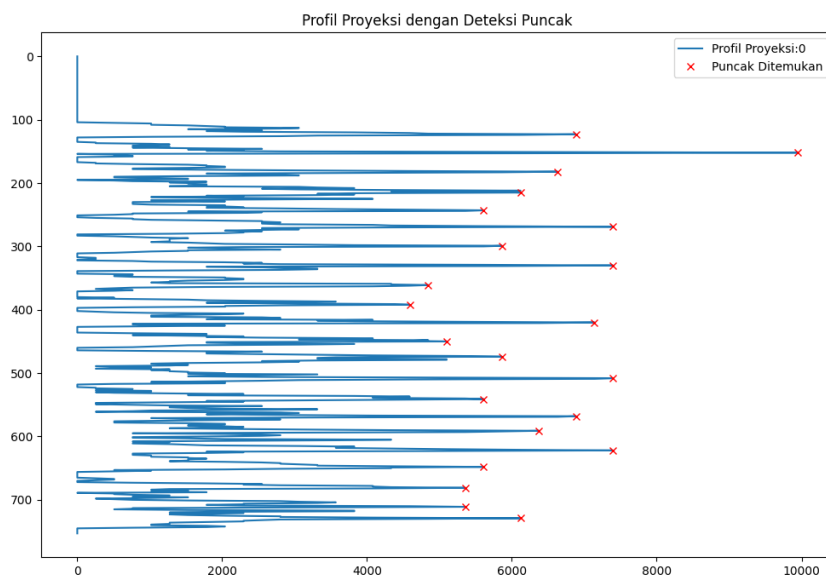
Secara matematis, untuk sebuah citra biner $I(x,y)$ dengan lebar W dan tinggi H , HPP dihitung dengan persamaan (1) berikut ini.

$$HPP(y) = \sum_{x=0}^{W-1} I(x,y) \quad (1)$$

Hasil dari HPP adalah sebuah grafik (atau array) di mana sumbu y mewakili nomor baris piksel pada citra, dan nilai pada $HPP(y)$ adalah jumlah piksel teks pada baris tersebut seperti terlihat pada Gambar 1. Dalam grafis ini:

- Puncak: Area dengan nilai HPP yang tinggi secara konsisten menunjukkan keberadaan baris teks.
- Lembah: Area dengan nilai HPP yang rendah atau nol (0) menunjukkan adanya ruang kosong (spasi) di antara baris-baris teks.

Metode segmentasi berbasis HPP tradisional bekerja dengan cara mengidentifikasi "lembah-lembah" ini. Titik-titik di mana nilai HPP turun ke minimum dianggap sebagai batas pemisah antar baris teks.



Gambar 1. Grafik HPP dengan puncak (teks) dan lembah (spasi)

B. Tantangan HPP: Kemiringan Baris Teks

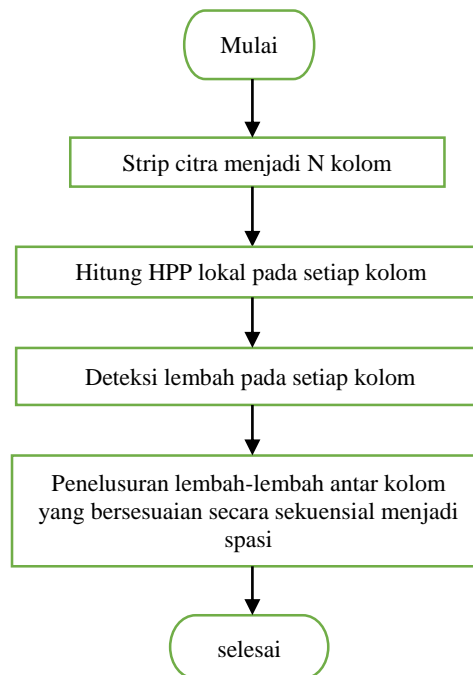
Metode HPP standar sangat efektif untuk dokumen cetak atau tulisan tangan yang rapi dan lurus secara horisontal. Namun, metode ini memiliki kelemahan signifikan ketika dihadapkan pada tulisan tangan yang memiliki kemiringan (*skew*) atau kelandaian (*slope*), yang sering terjadi pada naskah kuno.

Ketika baris teks miring, piksel dari satu baris teks dapat tumpang tindih dengan piksel dari baris teks di atas atau di bawahnya dalam proyeksi horisontal global. Akibatnya, "lembah" (spasi antar baris) pada grafis HPP tidak lagi jelas atau bahkan menghilang. Puncak dan lembah menjadi tumpang tindih, sehingga mustahil untuk menemukan satu garis lurus horisontal yang dapat memisahkan baris teks dengan akurat.

C. Modifikasi HPP dengan Stripping Vertikal

Untuk mengatasi masalah kemiringan baris teks, penelitian ini mengusulkan modifikasi pada metode HPP standar dengan menerapkan teknik *stripping* vertikal. Pendekatan ini tidak menghitung satu HPP global untuk seluruh lebar gambar, melainkan membagi citra menjadi beberapa kolom atau "strip" vertikal yang lebih sempit.

Algoritma dari teknik HPP dengan *stripping* vertikal ini diperlihatkan dalam diagram alir Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Diagram alir metode HPP dengan *stripping* vertikal

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- 1) Pembagian Citra (*Stripping*): Citra masukan $I(x, y)$ dibagi menjadi N buah strip vertikal yang tidak tumpang tindih, misal S_1, S_2, \dots, S_N . Lebar setiap strip (misalnya W_s) dipilih cukup sempit sehingga efek kemiringan baris di dalam satu strip individu dapat diabaikan.
- 2) HPP Lokal: Profil Proyeksi Horisontal (HPP) dihitung secara independen untuk setiap strip vertikal tersebut. Ini menghasilkan N buah HPP lokal ($HPP_1, HPP_2, \dots, HPP_N$).
- 3) Deteksi Lembah Lokal: Pada setiap HPP lokal, algoritma mencari titik lembah (nilai minimum) yang merepresentasikan spasi antar baris di dalam strip tersebut.
- 4) Penelusuran Garis Pemisah: Titik-titik lembah yang ditemukan di setiap strip kemudian dihubungkan secara sekuensial (dari strip S_i ke S_{i+1}). Proses ini membentuk sebuah "jalur" atau garis pemisah yang dinamis, yang tidak lagi lurus secara horisontal, melainkan mengikuti alur kemiringan dari spasi antar baris teks.

Dengan memecah masalah global (satu gambar miring) menjadi serangkaian masalah lokal (banyak strip yang diasumsikan lurus), metode *stripping* vertikal ini memungkinkan HPP untuk secara adaptif menangkap dan mengikuti kemiringan baris teks, sehingga menghasilkan segmentasi yang jauh lebih akurat pada dokumen tulisan tangan. Dari eksperimen banyaknya kolom N yang diperlukan untuk menghasilkan pemisahan baris terbaik adalah 8 sampai 12 kolom.

D. Evaluasi

Performa metode segmentasi dievaluasi menggunakan teknik pengujian akurasi kuantitatif. Keberhasilan segmentasi diukur dengan membandingkan jumlah baris yang berhasil dipisahkan secara sempurna (*correctly segmented lines*) dengan total populasi baris yang terdapat dalam dataset citra teks Arab Jawi. Sebuah baris dinyatakan berhasil tersegmentasi jika seluruh komponen karakter dalam satu alur kemiringan terpisah secara utuh tanpa terpotong atau bercampur dengan baris lain. Persentase akurasi dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Akurasi (\%)} = \left(\frac{\sum \text{Baris Tersegmentasi Benar}}{\sum \text{Total Baris Uji}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengimplementasikan tahap segmentasi baris sebagai bagian krusial dari sistem pengenalan tulisan tangan Arab Jawi. Proses segmentasi difokuskan pada pemisahan baris per baris dari satu citra halaman transkrip Jawi yang utuh menjadi citra-citra baris tunggal. Data dan hasil pengujian segmentasi baris ini ditampilkan pada Tabel 1 berikut.

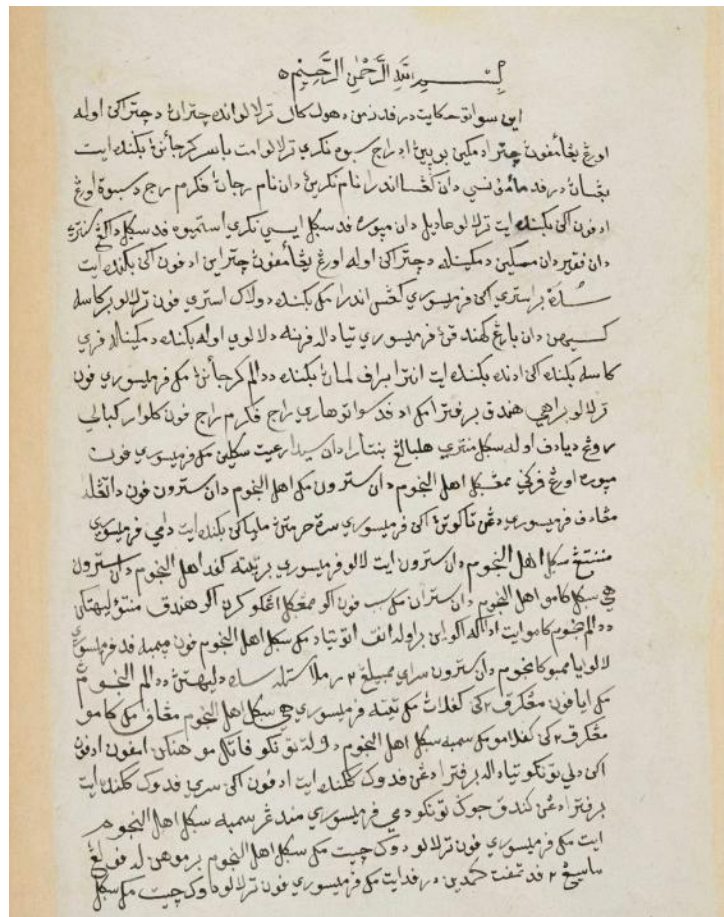
TABEL 1
DATASETS

No Citra	Jumlah baris Hasil	Jumlah baris berhasil dipisah	Akurasi sesuai persamaan (2)
1	23	23	100%
2	17	17	100%
3	16	16	100%
4	23	23	100%

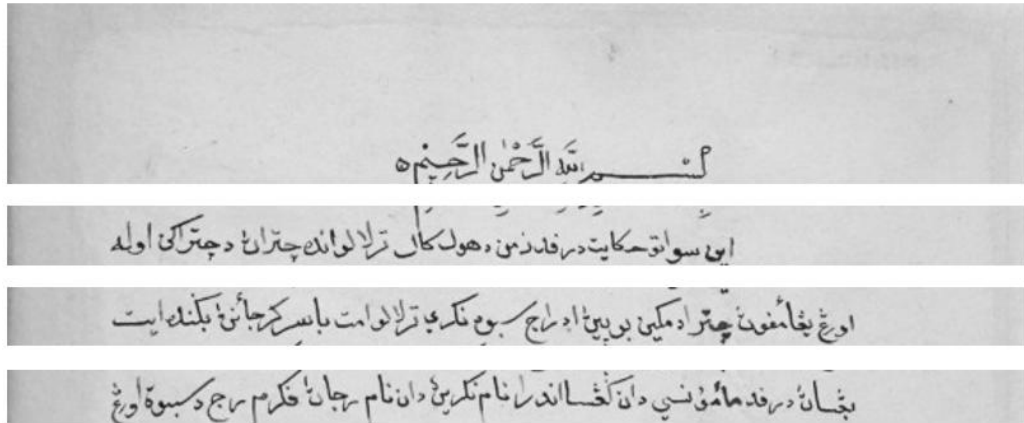
A. Implementasi Profil Proyeksi Horisontal Standar

Pada tahap awal, dilakukan pengujian menggunakan teknik Profil Proyeksi Horisontal (HPP) standar. Teknik ini bekerja dengan menghitung total piksel secara horisontal untuk menentukan posisi baris teks (puncak) dan pemisah baris (lembah).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode HPP standar bekerja dengan sangat baik pada citra naskah yang memiliki baris teks lurus dan sejajar secara horisontal seperti pada Gambar 3, dan hasil segmentasinya terlihat di Gambar 4.

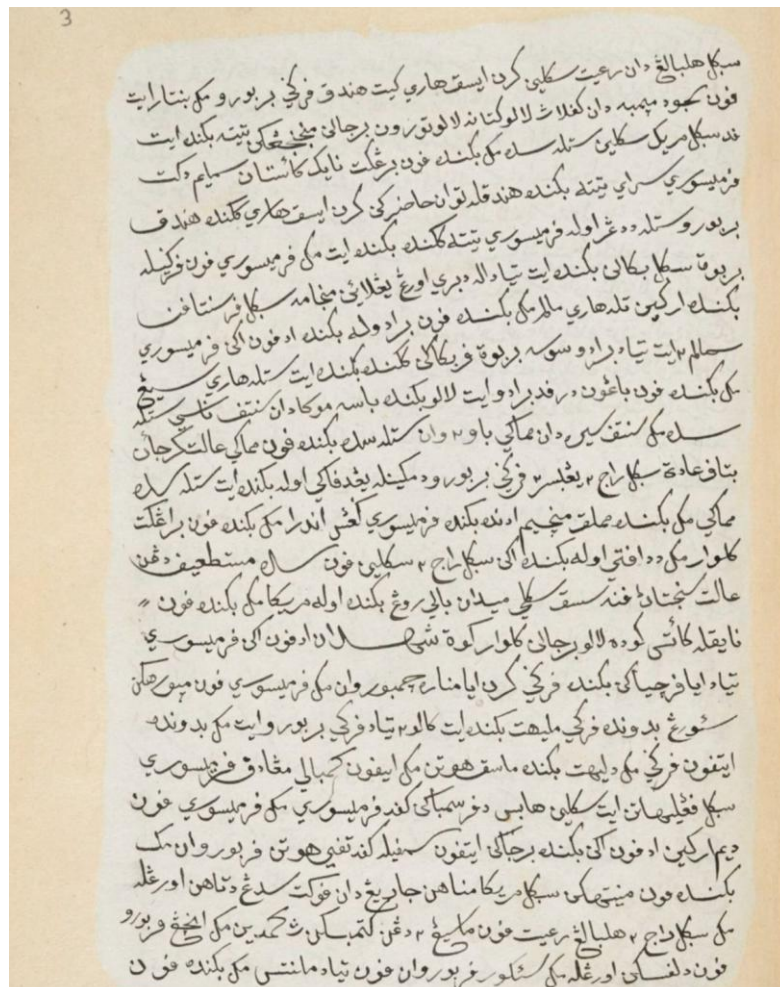


Gambar 3. Naskah Kuno Arab Jawi tulisan tangan dimana baris teksnya sejajar horisontal

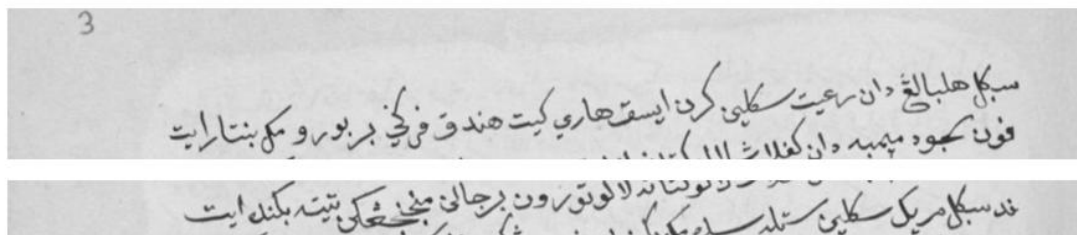


Gambar 4. Hasil segmentasi baris teks Arab Jawi tulisan tangan dimana baris teksnya sejajar horisontal menggunakan HPP standar

Namun, pada dokumen Jawi yang memiliki karakteristik penulisan tangan yang cenderung miring (*skewed*) seperti pada Gambar 5, metode ini mengalami kegagalan, seperti terlihat pada Gambar 6. Hal ini disebabkan karena nilai puncak dan lembah pada grafis proyeksi menjadi tumpang tindih, sehingga pemisahan baris tidak dapat dilakukan secara akurat melalui satu garis lurus horisontal global.



Gambar 5. Naskah Kuno Arab Jawi tulisan tangan dimana baris teksnya miring



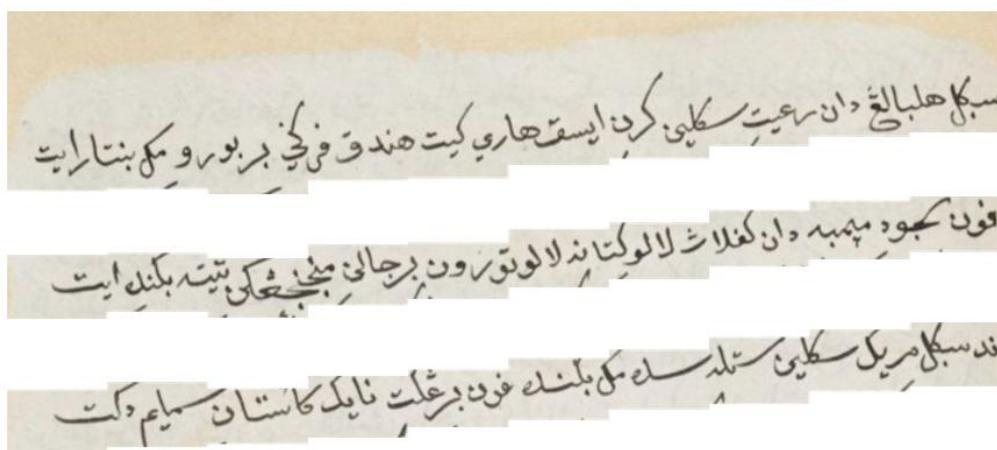
Gambar 6. Hasil segmentasi baris teks Arab Jawi tulisan tangan dimana baris teksnya miring menggunakan HPP standar

B. Implementasi Segmentasi dengan Vertical Stripping

Untuk mengatasi masalah kemiringan pada tulisan tangan Jawi, penelitian ini mengimplementasikan teknik pemecahan citra secara vertikal menjadi beberapa kolom atau strip. Prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Citra satu halaman dibagi menjadi beberapa strip vertikal dengan lebar tertentu.
- 2) Profil proyeksi horisontal dihitung secara independen pada setiap strip tersebut.
- 3) Titik-titik pemisah baris dideteksi pada setiap strip, di mana posisi baris pada satu strip tidak selalu lurus dengan strip di sampingnya.
- 4) Jalur pemisah baris dibentuk dengan menghubungkan titik-titik pemisah antar strip yang bersesuaian.

Hasil dari metode ini menunjukkan keberhasilan dalam menangkap alur kemiringan teks. Citra baris yang dihasilkan tetap mempertahankan posisi kemiringan aslinya namun terpisah secara sempurna dari baris di atas dan di bawahnya seperti terlihat di Gambar 7.



Gambar 7. Hasil segmentasi baris teks Arab Jawi tulisan tangan dimana baris teksnya miring menggunakan teknik *stripping* vertikal pada HPP

C. Efektivitas Metode terhadap Karakteristik Jawi

Segmentasi tulisan tangan Jawi secara signifikan lebih sulit dibandingkan dengan teks cetak mesin karena adanya variasi bentuk, ukuran, dan kemiringan yang tinggi. Karakteristik huruf Jawi yang memiliki banyak titik dan tanda di atas atau di bawah badan huruf seringkali menyebabkan metode *bottom-up* seperti *Connected Component Labeling* (CCL) menghasilkan potongan yang terpisah-pisah (fragmen).

Penggunaan strategi *top-down* melalui modifikasi HPP dengan *vertical stripping* terbukti lebih tangguh untuk tujuan pemisahan baris. Dengan membagi citra menjadi strip-strip kecil, variasi kemiringan global dapat diubah menjadi masalah kemiringan lokal yang lebih mudah dikelola oleh profil proyeksi.

Penerapan metode yang diusulkan pada data uji (sebagaimana disajikan pada Tabel 1) berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 100%, berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (2).

D. Penanganan Variasi Warna dan Ukuran

Selain kemiringan, degradasi warna akibat usia naskah menjadi tantangan tersendiri. Berdasarkan hasil pengujian, masalah ini dapat diatasi dengan memberikan opsi ambang batas (*threshold*) pada nilai puncak proyeksi yang dipilih. Dengan menyesuaikan ambang batas ini, sistem tetap dapat mendeteksi keberadaan teks meskipun intensitas warnanya memudar atau tidak merata.

Untuk variasi ukuran baris yang tidak konsisten, penelitian ini menawarkan solusi dengan memberikan opsi jarak antar baris dalam satuan piksel. Jarak rekomendasi ini dapat dihitung secara otomatis dengan membagi total tinggi citra dengan jumlah baris yang terdeteksi dalam halaman naskah tersebut.

E. Perbandingan Strategi Segmentasi

Dalam pembahasan ini, dibandingkan tiga strategi segmentasi:

- Strategi Standar (*Top-Down*): Efisien secara komputasi tetapi gagal pada teks miring.
- *Deep Learning (U-Net)*: Sangat akurat namun memerlukan sumber daya komputasi yang berat dan data pelabelan yang besar.
- HPP dengan *Vertical Stripping*: Menjadi solusi jalan tengah yang efektif. Metode ini tetap ringan secara komputasi (tidak memerlukan GPU atau data pelatihan besar) namun mampu menangani variasi kemiringan yang tidak bisa dilakukan oleh HPP standar.

Hasil akhir menunjukkan bahwa pendekatan ini sangat cocok diterapkan pada prapemrosesan sistem pengenalan karakter berbasis *deep learning*, di mana masukan yang dibutuhkan adalah citra baris teks yang bersih dan terisolasi.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa adaptasi metode *Horizontal Projection Profile* (HPP) dengan teknik *vertical stripping* terbukti sangat efektif dalam melakukan segmentasi baris pada naskah Arab Jawi yang memiliki kemiringan teks (*skewed text*). Hasil pengujian terhadap dataset yang digunakan menunjukkan bahwa metode ini mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 100%, di mana jalur pemisahan baris berhasil dibentuk mengikuti alur tulisan tanpa memotong karakter. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa pendekatan lokal melalui pembagian kolom (*strips*) mampu mengatasi kelemahan HPP standar yang bersifat global. Meskipun demikian, hasil ini diperoleh pada karakteristik naskah dengan degradasi warna dan variasi kemiringan tertentu sebagaimana disajikan pada Tabel 1, sehingga metode ini sangat potensial untuk dikembangkan lebih lanjut pada sistem OCR naskah sejarah nusantara yang lebih masif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih diberikan pada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi yang telah mendanai penelitian berjudul “Model Transkripsi teks Naskah Kuno Tulisan Tangan Berbasis Artificial Neural Network untuk Pengenalan Skrip Jawi dalam Penelitian Manuscript Based” melalui skema Riset Terapan dimana tulisan ini merupakan bagian dari riset tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Antonacopoulos dan D. Karatzas, “Document Image Analysis for World War II Personal Records,” *Proc. - First Int. Work. Doc. Image Anal. Libr. - DIAL 2004*, no. January, pp. 336–341, 2004, doi: 10.1109/DIAL.2004.1263263.
- [2] I. M. G. Sunarya, M. W. Antara Kesiman, dan I. A. P. Purnami, “Segmentasi Citra Tulisan Tangan Aksara Bali Berbasis Proyeksi Vertikal Dan Horizontal,” *J. Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 982–992, 2015, doi: 10.26555/jifo.v9i1.a2039.
- [3] A. R. Himamunanto dan A. R. Widiarti, “Javanese character image segmentation of document image of Hamong Tani,” *Proc. Digit. 2013 - Fed. 19th Int'l VSMM, 10th Eurographics GCH, 2nd UNESCO Mem. World Conf. Plus Spec. Sess. fromCAA, Arqueol. 2.0 al.*, vol. 1, no. August, pp. 641–644, 2013, doi: 10.1109/DigitalHeritage.2013.6743807.
- [4] M. R. Fauzi, N. Agus, dan A. Ajulian, “Mengubah Tulisan Tangan Menjadi Text Digital Ocr (Optical Character Recognition) Dengan Menggunakan Metode Segmentasi Dan Korelasi,” *Transient,Sistem*, pp. 1–5, 2014.
- [5] H. Masrani, Ilhamsyah, dan I. Ruslianto “Aplikasi Pengenalan Pola Pada Huruf Tulisan Tangan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Dengan Metode Ekstraksi Fitur Geometri,” *Coding J. Komput. Apl.*, vol. 6, no. 2, pp. 69–78, 2018, doi: 10.26418/coding.v6i2.26674.
- [6] A. R. Widiarti, A. Harjoko, M., dan S. Hartati, “Preprocessing Model of Manuscripts in Javanese Characters,” *J. Signal Inf. Process.*, vol. 05, no. 04, pp. 112–122, 2014, doi: 10.4236/jsip.2014.54014.
- [7] R. Ptak, B. Zygadlo, dan O. Unold, “Projection-based text line segmentation with a variable threshold,” *Int. J. Appl. Math. Comput. Sci.*, vol. 27, no. 1, pp. 195–206, 2017, doi: 10.1515/amcs-2017-0014.
- [8] A. W. Mahastama dan L. D. Krisnawati, “Improving Projection Profile for Segmenting Characters from Javanese Manuscripts,” no. Creativearts 2019, pp. 77–82, 2020, doi: 10.5220/0008526900770082.
- [9] A. Yusuf, “Pengenalan Catatan Penjualan Menggunakan Pengenalan Angka Berbasis Korelasi,” *Systemic*, vol. 1, no. 1, pp. 14–19, 2015.
- [10] N. Ouwayed dan A. Belaïd, “A general approach for multi-oriented text line extraction of handwritten documents,” *Int. J. Doc. Anal. Recognit.*, vol. 15, no. 4, pp. 297–314, 2012, doi: 10.1007/s10032-011-0172-6.
- [11] M. Farid, J. Santoso, dan E. Setyati, “Handwritten Image Segmentation Carakan Madura Based Projection And Connected Component Labeling,” *JOINCS (Journal Informatics, Network, Comput. Sci.)*, vol. 3, no. 2, pp. 33–37, 2020, doi: 10.21070/joincs.v3i0.823.
- [12] M. F. Hidayatullah, S. F. Handayani, Y. Hapsari dan M. I. Hanif, “Segmentasi Teks Arab Pegon Menggunakan Histogram Segmentation,” *JPIT (J. Infor.: J. Peng. IT)*, vol. 10, no. 4, p. 1164-1175, 2025, doi: 10.30591/jpit.v10i4.9994
- [13] A. N. Putri dan I. P. G. H. Suputra, “Hijaiyah Letter Segmentation Using Connected Component Labeling Method,” *JELIKU (J. Elektron. Ilmu Komput. Udayana)*, vol. 9, no. 2, p. 249, 2020, doi: 10.24843/jlk.2020.v09.i02.p12.
- [14] Y. Sugianela dan N. Suciati, “Character Image Segmentation of Javanese Script Using Connected Component Method,” *J. Ilmu Komp. dan Inf.*, vol. 12, no. 2, pp. 67–74, 2019, doi: 10.21609/jiki.v12i2.677.

- [15] M. Das dan M. Panda, "Seam carving, horizontal projection profile and contour tracing for line and word segmentation of language independent handwritten documents," *Results Eng.*, vol. 18, no. April, p. 101110, 2023, doi: 10.1016/j.rineng.2023.101110.
- [16] S. D. Alhafiz, Purnamasari, Y. N. Kunang, I. Z. Yadi, dan I. Effendy, "Segmentasi Citra Formulir Menggunakan Bounding box untuk Pengambilan Objek Gambar," *J. Pendidik. dan Teknol. Indo.*, vol. 5, no. 9, pp. 2900–2909, 2025.
- [17] Sakshi, C. Sharma, V. Bhardwaj dan G. Aggarwal, "Bridging classical and neural methods for improved segmentation in mathematical text based images IN IN," *Sci. Reports Artic. Press*, 2025.
- [18] B. S. Wijaya, R. Munir, dan N. P. Utama, "Segmentasi Awan Pada Citra Satelit Multispektral Menggunakan Convolutional Neural Network," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 12, no. 6, pp. 1251–1260, 2025.
- [19] A. Plaksvyyi, M. Skublewska-Paszowska, dan P. Powroznik, "A Comparative Analysis of Image Segmentation Using Classical and Deep Learning Approach," *Adv. Sci. Technol. Res. J.*, vol. 17, no. 6, pp. 127–139, 2023, doi: 10.12913/22998624/172771.
- [20] D. Park, N. R. Yarram, S. Kim, M. Kim, S. Cho, dan T. Lee, "Text Change Detection in Multilingual Documents Using Image Comparison," *Proc. - 2025 IEEE Winter Conf. Appl. Comput. Vision, WACV 2025*, pp. 5218–5227, 2025, doi: 10.1109/WACV61041.2025.00510.