

EKSTRAKSI FITUR PADA PENGENALAN KARAKTER AKSARA JAWA BERBASIS HISTOGRAM OF ORIENTED GRADIENT

Yuna Sugianela¹⁾ dan Nanik Suciati²⁾

^{1,2)}Departemen Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111
e-mail: nelaneliyuna@gmail.com¹⁾, nanik@if.its.ac.id²⁾

ABSTRAK

Buku-buku kuno Bahasa Jawa memiliki konten kekayaan intelektual Indonesia seperti agama, linguistik, filosofi, mitos, pelajaran moral, hukum dan norma adat, kerajaan, cerita rakyat, sejarah, dan lain sebagainya. Tidak banyak yang mempelajari karya tersebut karena ditulis dengan Aksara Jawa dan tidak banyak yang memahami. Untuk membantu penerjemahan dokumen berbahasa Jawa dilakukan otomatisasi sistem penerjemahan. Tahap penerjemahan terdiri dari segmentasi untuk mendapatkan karakter dari citra tulisan dalam naskah Aksara Jawa. Kemudian tiap karakter dikenali sebagai abjad. Dan yang terakhir adalah mengkombinasikan tulisan latin yang telah dikenali menjadi kata yang berarti. Penelitian yang membahas tentang pengenalan Aksara Jawa telah dilakukan, seperti fokus pada segmentasi karakter dan pengenalan Aksara Jawa. Pada penelitian sebelumnya dilakukan perbaikan pada metode segmentasi namun tetap mendapatkan hasil yang sama dalam hal akurasi kebenaran. Pada penelitian kali ini diusulkan penggunaan metode Histogram of Oriented Gradient (HOG) pada tahap ekstraksi fitur. Metode HOG banyak digunakan pada pengenalan dan deteksi objek pada data citra. Metode HOG juga pernah digunakan untuk mengenali tulisan tangan berbahasa Inggris dan Huruf Bengali dengan hasil yang optimal. Pada penelitian ini didapatkan hasil akurasi pengenalan karakter Aksara Jawa sebesar 93.3%.

Kata Kunci: Aksara Jawa, Ekstraksi Fitur, Histogram of Oriented Gradient

ABSTRACT

Ancient Javanese books have Indonesian intellectual property content such as religion, linguistics, philosophy, myths, moral lessons, customary laws and norms, kingdoms, folklore, history, and so on. Not many people studied the work because it was written in Javanese script and not many understood it. To help translation of Javanese documents, translation system automation is carried out. The translation stage consists of segmentation to get characters from the written image in the Javanese script. Then each character is recognized as alphabet. And the last is to combine alphabets that have been recognized as meaningful words. Research about recognition of Javanese scripts has been carried out, such as the focus on character segmentation and the introduction of Javanese script. In the previous study, improvements were made to the segmentation method but still obtained the same results in terms of accuracy. In this study we propose Histogram of Oriented Gradient (HOG) method for extracting feature. The HOG method is widely used in object recognition detection on image data. The HOG method has also been used in handwriting recognition of English and Bengali characters with optimal result. In this study the accuracy of the character recognition of Javanese script is 93.3%.

Keywords: Javanese Script, Feature Extraction, Histogram of Oriented Gradient

I. PENDAHULUAN

BERBAGAI kekayaan intelektual tentang budaya Jawa, bahkan Nusantara, terdapat pada buku-buku kuno yang ditulis menggunakan Aksara Jawa [1]. Buku-buku kuno Bahasa Jawa tersebut memiliki konten yang berbeda-beda seperti agama, linguistik, filosofi, mitos, pelajaran moral, hukum dan norma adat, kerajaan, cerita rakyat, sejarah, dan lain sebagainya [2]. Namun tidak banyak yang mempelajari karya tersebut karena tidak memahami Aksara Jawa [1]. Untuk membantu penerjemahan dokumen berbahasa Jawa dilakukan otomatisasi sistem penerjemahan.

Penelitian tentang tulisan kuno telah banyak dilakukan, seperti pada huruf China [3], Jepang [4], Bengali [5], Tamil [6], dan masih banyak lagi. Secara umum, tahap penerjemahan terdiri dari segmentasi untuk mendapatkan karakter dari citra tulisan dalam naskah Aksara Jawa. Kemudian tiap karakter dikenali sebagai tulisan latin. Dan yang terakhir adalah mengkombinasikan tulisan latin yang telah dikenali menjadi kata yang berarti. Naskah berbahasa Jawa menggunakan model *scriptio continua* model [7], yang artinya “ditulis secara berkesinambungan” atau penulisan naskah yang tidak memakai spasi atau punctuation lainnya.

Penelitian yang membahas tentang pengenalan Aksara Jawa juga telah dilakukan. Widiarti dkk [1] pada tahun 2009 mengusulkan penggunaan Hidden Markov Model (HMM) untuk mengenali karakter Aksara Jawa dari sejumlah tulisan tangan yang berbeda. Penelitian ini menunjukkan hasil yang baik yaitu presentase kebenaran sebesar 85,7%. Pada penelitian Widiarti selanjutnya [7] diterapkan preprocessing sebelum melakukan segmentasi, presentase kebenaran dari hasil penelitian masih tetap, yaitu sebesar 85.7%.

Dari kedua penelitian sebelumnya, diketahui bahwa perbaikan pada metode segmentasi telah dilakukan dan

mendapatkan hasil yang sama. Pada penelitian kali ini diusulkan penggunaan metode Histogram of Oriented Gradient (HOG) pada tahap ekstraksi fitur. Metode HOG pertama kali diusulkan oleh Dalal dan Triggs [8] yang ditujukan untuk deteksi citra pejalan kaki. Kemudian metode ini banyak digunakan pada pengenalan wajah, hewan, dan deteksi citra kendaraan, dan lain-lain. Penelitian ini juga pernah diusulkan untuk mengenali tulisan tangan berbahasa Inggris dan Huruf Bengali [5].

Pada penelitian ini terdapat lima bagian, yaitu pendahuluan pada bagian pertama, kemudian pada bagian kedua merupakan pengenalan tentang Aksara Jawa, pada bagian ketiga akan dibahas tentang *Histogram of Oriented Gradient*, pada bagian keempat merupakan penjelasan tentang metode yang diusulkan, yang kelima adalah pembahasan tentang hasil penelitian, dan bagian akhir merupakan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

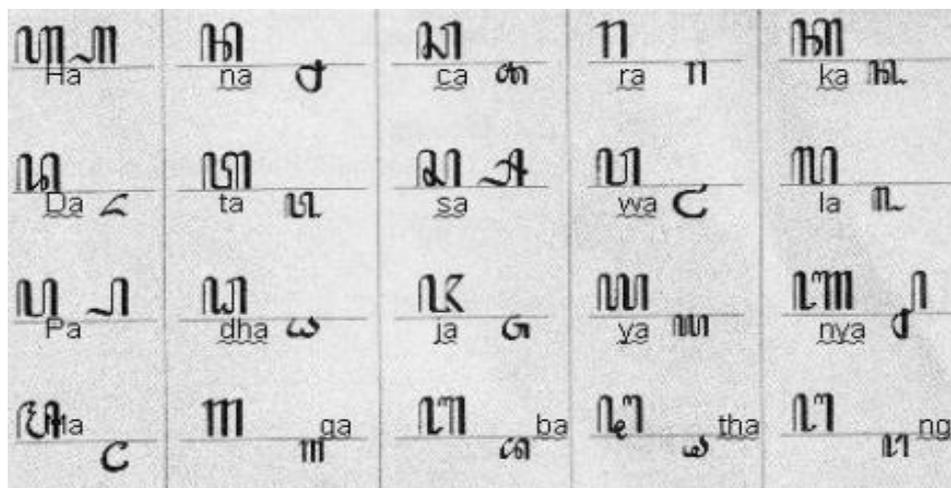
II. KARAKTERISTIK AKSARA JAWA

Abjad yang digunakan dalam Aksara Jawa terdiri atas 20 aksara pokok yang bersifat silabik (kesukukataan). Aksara pokok ini sering dikenal dengan aksara hanacaraka, yang diambil dari lima aksara yang mengawali urutan aksara tersebut, yaitu Ha-Na-Ca-Ra-Ka. Masing-masing aksara pokok mempunyai aksara pasangan yang berfungsi untuk menghubungkan suku kata tertutup konsonan dengan suku kata berikutnya. Gambar 1 merupakan aksara utama Aksara Jawa dan pasangannya.

Aksara Jawa memiliki aksara *murda* yang digunakan untuk mengawali penulisan nama gelar, diri, geografi, lembaga pemerintahan, lembaga berbadan hukum, dan lain-lain. Aksara *murda* tersebut juga memiliki pasangan yang berfungsi sama dengan pasangan dari aksara utama. Gambar 2 merupakan aksara *murda* dan pasangannya.

Terdapat juga aksara *swara* yang merupakan huruf vokal depan. Selain itu terdapat juga aksara *rekan*, *sandhangan*, angka, dan beberapa tanda pengatur tata penulisan [9] [10]. Gambar 3 merupakan sebagian dari aksara *sandhangan* pada Aksara Jawa.

Pada penelitian ini digunakan *dataset* yang berbentuk citra hasil *scan* dari dokumen Aksara Jawa dengan judul “BLOEMLEZING UIT JAVAANSCH E WERKEN (PROZA)” yang terbit pada tahun 1942. Gambar 4 merupakan contoh dokumen teks Aksara Jawa yang digunakan.



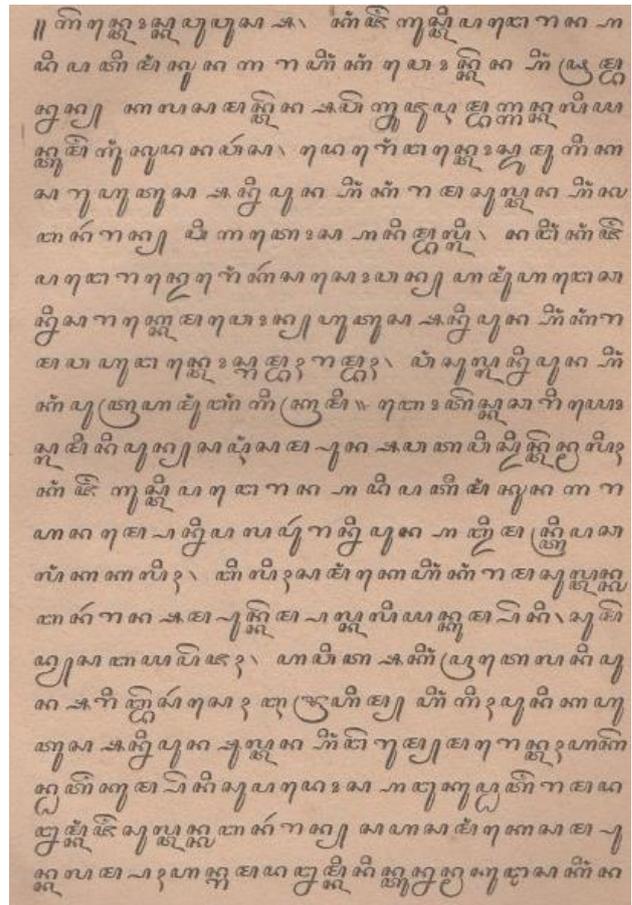
Gambar 1. Aksara Utama dan pasangannya [9]



Gambar 2. Aksara *Murda* dan pasangannya [10]

nama sandhangan	aksara latin	aksara jawa
	i	.....^o
Suku	u	.....^u
Taling	e'	.....^ᮊ
Pepet	e	.....^o
Taling Tarung	o	.....^{ᮊ 2}
Layar	_r [/]
Wignyan	_h	.....³
Cecek	_ng	.....
Pangkon	_h	.....^ᮊ
Pengkal	_ya	.....^ᮊ
Cakra	_ra	.....^ᮊ
Cakra Keret | Cekre |	_re	.....^ᮊ
Adeg-adeg	awalan kalimat	.....||
Pada lungsi	titik	.....^ᮊ
Pada lingsa	koma [,]

Gambar 3. Sandhangan [10]



Gambar 4. Citra dokumen Aksara Jawa

III. HOG (HISTOGRAM OF ORIENTED GRADIENT)

Histogram of Oriented Gradients (HOG) merupakan metode untuk melakukan diskriminasi fitur. Fitur ini merupakan deskripsi histogram berdasarkan tepi dan orientasi yang berlaku untuk pengenalan objek [11]. Metode HOG pertama kali diusulkan oleh Dalal dan Triggs [8] yang ditujukan untuk deteksi citra pejalan kaki. Kemudian metode ini banyak digunakan pada pengenalan wajah, hewan, dan deteksi citra kendaraan, dan lain-lain. HOG juga digunakan untuk melakukan ekstraksi fitur pada klasifikasi multikelas citra Batik [12]. Gambar 5 merupakan alur metode HOG yang diusulkan pada metode ini.

Dasar pemikiran dari metode HOG adalah objek-objek lokal dapat dikarakterisasi lebih baik oleh distribusi gradien dan arah tepi dibandingkan lokasi spasial asli mereka.

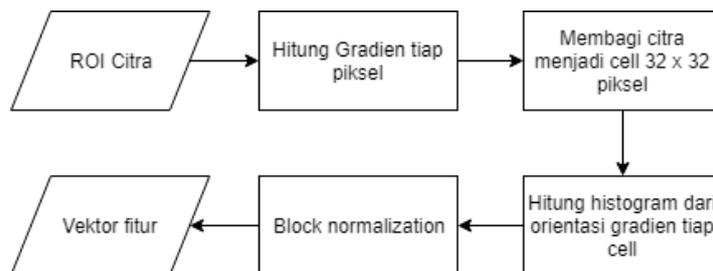
Metode HOG dimulai dengan menghitung gradien setiap piksel citra dengan posisi (x,y):

Magnitude (besar gradien):

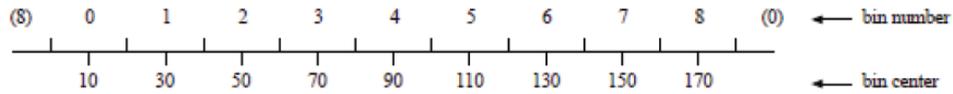
$$R = \sqrt{x^2 + y^2} \tag{1}$$

Orientasi gradien (dalam sudut):

$$\theta = \text{arc tan} \frac{y}{x} \tag{2}$$



Gambar 5. Alur Metode HOG yang diusulkan



Gambar 6. Sembilan Bin HOG [8]

Kemudian segmen gambar menjadi sel-sel kecil dan dilakukan penghitungan histogram sel. Bin yang dipakai adalah 9 bin ($B = 9$). Setiap piksel dalam sel tertentu memberikan *vote* terbobot untuk *channel* histogram berdasarkan orientasi. Gambar 6 merupakan gambar 9 bin histogram yang digunakan pada *voting* untuk menentukan kontribusi nilai histogram. Bin yang dipakai berukuran sembilan, dengan nilai bin dari 0 sampai $B-1$.

Kontribusi nilai histogram (v) dapat diperoleh dari persamaan (3) dan (4). Dimana μ merupakan besar gradien pada piksel, c merupakan nilai tengah sudut pada bin, θ adalah sudut orientasi gradien pada piksel, w adalah lebar dari nilai tengah sudut yaitu $w = \frac{180}{B}$ dan B adalah panjang bin histogram yang digunakan.

$$v_j = \mu \frac{c_{j=1-\theta}}{w} \text{ untuk bin ke } j = \left(\frac{\theta}{w} - \frac{1}{2}\right) \text{ mod } B \tag{3}$$

$$v_{j+1} = \mu \frac{\theta - c_j}{w} \text{ untuk bin ke } j = j + 1 \text{ mod } B \tag{4}$$

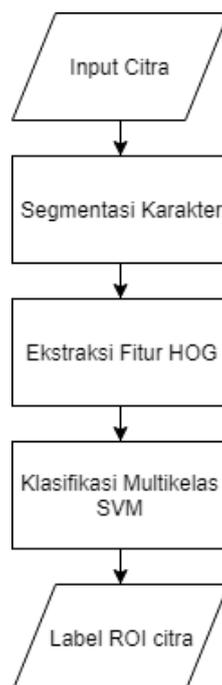
IV. METODE YANG DIUSULKAN

Pada penelitian ini diusulkan penggunaan metode *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) untuk ekstraksi fitur citra dokumen Aksara Jawa. Tahap awal dari penelitian ini adalah melakukan segmentasi pada citra input untuk mendapatkan tiap karakter. Segmentasi yang dilakukan menggunakan metode *Connected Component Labelling* [13][14][15]. Alur penelitian yang dilakukan terdapat pada Gambar 7.

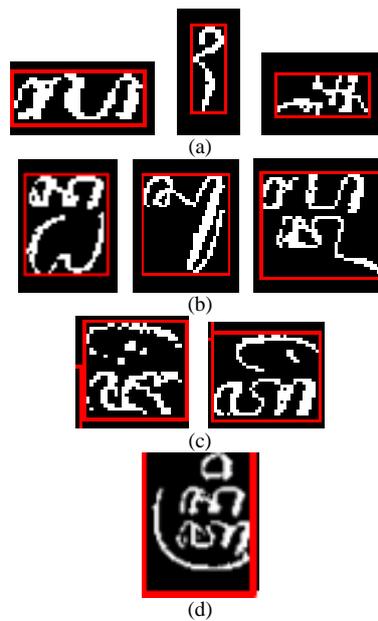
Masing-masing ROI terdiri dari satu atau lebih karakter Jawa (hanya karakter utama, atau utama dengan *sandhangan*, atau utama dengan pasangan, dan lain-lain). Hal ini ditujukan untuk menghindari kesalahan dalam segmentasi. Jika dalam satu ROI terdiri hanya diperbolehkan satu aksara, akan terjadi pemotongan yang tidak sempurna, hal ini disebabkan adanya posisi antar aksara yang tumpang tindih dan menempel.

Gambar 8 adalah contoh dari *ground truth* ROI. Gambar 8(a) hanya terdiri dari satu karakter. Contoh ROI yang terdiri dari satu karakter:

- a) Karakter utama (ha-na-ca-ra-ka) tanpa pasangan atau *sandhangan*.
- b) Pasangan, *sandhangan*, *murdha*, atau *swara* yang posisinya sejajar dengan huruf utama.



Gambar 7. Diagram alur penelitian



Gambar 9. Contoh *ground truth* ROI (a) satu karakter (b) dua karakter (c) tiga karakter (d) empat karakter

Kemudian pada Gambar 8(b) ada dua karakter dalam ROI. Contoh ROI yang terdiri dari dua karakter,

- a) Karakter utama dengan pasangan atau *sandhangan* yang posisinya berada di bawah atau di atas karakter utama.
- b) Pasangan, yang posisinya sejajar dengan huruf utama, dengan *sandhangan* yang posisinya di bawah atau di atas karakter utama.
- c) *Murdha*, yang posisinya sejajar dengan huruf utama, dengan *sandhangan* atau pasangan yang posisinya di bawah atau di atas karakter utama.

Gambar 8(c) terdiri dari tiga karakter. Contoh ROI yang terdiri dari tiga:

- a) Karakter utama, pasangan, *murdha* dengan dua *sandhangan* di atas posisinya atau di atas dan di bawah posisinya.
- b) Karakter utama atau *murdha* dengan pasangan dan *sandhangan*.

Gambar 8(d) memiliki empat karakter dalam ROI. Contoh ROI yang terdiri dari empat karakter:

- a) Karakter utama dengan pasangan di bawah posisinya. Karakter utama dan pasangan di bawahnya tersebut memiliki *sandhangan*.

Pada tiap citra ROI hasil segmentasi karakter selanjutnya dilakukan ekstraksi fitur. Input pada tahap ini merupakan ROI citra *grayscale* yang diambil berdasarkan informasi piksel dari tahap segmentasi karakter. Karena ukuran ROI hasil segmentasi yang berbeda-beda, maka akan dilakukan *resize* pada tiap ROI menjadi ukuran 64 x 64 piksel.

Setelah didapatkan hasil ROI pada tahap segmentasi, dilakukan ekstraksi fitur menggunakan metode HOG seperti yang telah dijelaskan. Fitur-fitur ROI dari citra dataset yang telah didapat digunakan untuk tahap klasifikasi.

Pada tahap klasifikasi diperlukan pelabelan kelas-kelas pada tiap fitur ROI citra. Kelas-kelas ini terdiri dari nama dan jenis Aksara Jawa. Pemberian kelas ini dilakukan pada *Ground Truth* segmentasi sebagai data *training* tahap klasifikasi. Tabel I merupakan contoh hasil ROI citra dan kelasnya. Jumlah total label yang didapatkan yaitu sebanyak 357 pada *Ground Truth*. Tiap label kelas terdiri dari nama dan jenis huruf Aksara Jawa.

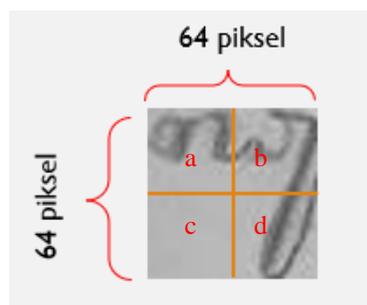
Tahap selanjutnya adalah menghitung nilai gradien dan *magnitude* setiap piksel dalam gambar sesuai dengan rumus nomor (1) sampai (2). Selanjutnya, citra akan dibagi ke dalam *cells* dengan ukuran 32 x 32 piksel. Gambar 9 merupakan ilustrasi ROI yang dibagi ke dalam *cell*. Penghitungan gradien dan *magnitude* pada *cell* a pada Gambar 9 ditunjukkan oleh Gambar 10(a) dan 10(b).

Pada tiap *cells* akan dibuat histogramnya untuk mengetahui nilai tiap *cells*, karena tiap *cells* memiliki nilai yang berbeda. Dalam pembuatan histogram, diperlukan bin untuk mengetahui nilai gradien. Bin yang digunakan yaitu 9 bin *orientation*. Gambar 10(c) merupakan contoh penyusunan nilai gradien dan *magnitude* ke dalam 9 bin histogram. Contoh pada piksel yang dilingkari, bin dipilih berdasarkan arah, kemudian nilai bin merupakan nilai *magnitude*. Nilai gradien piksel sebesar 120 (warna biru muda) akan masuk ke bin yang sesuai dengan nilai *magnitude* 116. Sedangkan piksel dengan gradien 25 (warna merah) akan masuk sebagian pada bin 20 dan 40, karena nilai 25 diantara dua bin tersebut. Fitur vektor yang didapatkan adalah sebanyak 36 karena terdiri dari 9 bin untuk 4 *cells*.

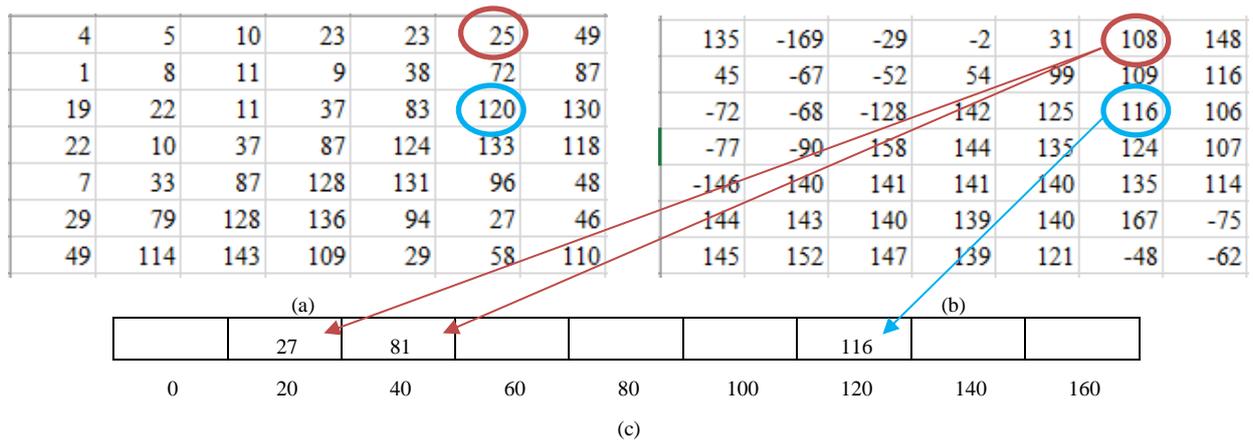
TABEL I
CONTOH LABEL KELAS ROI CITRA

Citra	Jenis Aksara	Nama Aksara
	Utama	Ca
	Murdha, sandhangan	Ba, suku
	Utama, pasangan	Da, ta
	Utama, sandhangan, pasangan	Ga, pepet, na
	Utama, pasangan	Na, nya
	Utama, sandhangan	Wa, cakra
	Sandhangan	Taling
	Utama	Ca
	Utama, sandhangan, sandhangan, sandhangan	Ma, Wulu, Cecek, Cakra

Bagian terakhir pada penelitian ini yaitu klasifikasi karakter-karakter yang telah disegmentasi menjadi jenis aksara dan nama aksara tersebut. Pada penelitian ini digunakan klasifikasi SVM (*Support Vector Machine*) [16]. Fitur hasil HOG digunakan sebagai input pada proses klasifikasi. Kernel yang digunakan pada klasifikasi SVM ini adalah kernel RBF (*radial base function*) dan digunakan konsep pelabelan multikelas berbasis *One Against One* karena kelas dari pengenalan Aksara Jawa bukan merupakan kelas biner [11]. Banyak kelas yang digunakan untuk klasifikasi tergantung pada jumlah komponen yang didapat dari proses segmentasi. Tiap label kelas terdiri dari nama dan jenis huruf Aksara Jawa.



Gambar 10. ROI yang dibagi menjadi cell 32x32 piksel



Gambar 11. (a) Gradien cell (b) magnitude cell (c) penyusunan histogram

V. HASIL DAN ANALISA

Pada pengujian ini ditunjukan untuk mengetahui performa dari metode ekstraksi fitur untuk pengenalan Aksara Jawa. Parameter yang digunakan pada penelitian ini antara lain, ukuran *cells* yang digunakan pada tahap HOG yaitu 32 x 32 piksel, ukuran bin histogram sebesar 9, penggunaan RBF Kernel pada klasifikasi SVM, dan ukuran Gamma sebesar 0.08. Pada Tabel II dapat dilihat hasil akurasi pengenalan citra dokumen teks. Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa metode yang diusulkan mampu mencapai akurasi yang baik, yaitu 93.3%.

Pada penelitian ini, setiap kelas memiliki jumlah data *training* yang berbeda-beda. Terdapat kelas yang memiliki data training lebih dari 500, seperti Aksara Utama Ha, Na, Ra, dan Aksara *Sandhangan* seperti Taling. Namun, terdapat kelas yang hanya memiliki 1 data *training*, seperti karakter yang terdiri dari Aksara Utama Ma, *Sandhangan* Cecek, Wulu, dan Cakra. Hal ini tidak mempengaruhi hasil klasifikasi karena ROI yang terklasifikasi pada kelas yang hanya terdiri dari 1 buah memiliki hasil yang benar.

Terdapat beberapa kesalahan dalam pengenalan Aksara Jawa pada teks yang digunakan. Tabel III menunjukkan kelas-kelas yang mengalami kesalahan pada hasil klasifikasi. Karena banyaknya jumlah kelas, yaitu sebanyak 357, tidak semua kesalahan tiap kelas ditampilkan. Pada hasil ROI pertama dan kedua kesalahan terjadi karena fitur yang digunakan untuk klasifikasi mendapatkan hasil kelas yang tidak sesuai karena lebih mirip dengan kelas yang lain, yaitu kelas Ba terklasifikasi ke kelas Ka dan kelas Ma terklasifikasi ke kelas Ga.

Hasil klasifikasi yang salah juga dipengaruhi oleh segmentasi yang kurang baik. Pada hasil ROI 3 hingga 7 terlihat bahwa terdapat karakter yang terpotong kurang sempurna, menyebabkan karakter tersebut tidak dapat diprediksi kelasnya. Karakter yang tidak terdefinisi juga disebabkan karena tidak adanya hasil ROI yang diklasifikasi pada kelas *Ground Truth*. Kesalahan terjadi pada hasil ROI 8 dan 9.

TABEL II
HASIL AKURASI TAHAP KLASIFIKASI

Jumlah ROI	Akurasi (%)
426	89.7
432	92.4
455	81.3
468	88
424	92.2
434	93.3
439	87
435	86.9
461	86.3
461	82.2

TABEL III
KELAS-KELAS YANG MENGALAMI KESALAHAN PENGENALAN KARAKTER

No	Kelas	Jenis Kesalahan
1		Terprediksi sebagai kelas
2		Terprediksi sebagai kelas
3		Tidak terdefinisi
4		Tidak terdefinisi
5		Tidak terdefinisi
6		Tidak terdefinisi
7		Tidak terdefinisi
8		Tidak terdefinisi
9		Tidak terdefinisi

VI. KESIMPULAN

Pada penelitian kali ini diusulkan metode baru pada tahap ekstraksi fitur, yaitu menggunakan metode *Histogram of Oriented Gradient*. Citra input merupakan hasil *scan* dokumen teks Aksara Jawa. Kemudian citra ini diubah menjadi citra biner untuk tahap segmentasi. Tahap awal dari penelitian ini adalah melakukan segmentasi pada citra input untuk mendapatkan ROI tiap karakter. Segmentasi yang dilakukan menggunakan metode *Connected Component Labelling*. Setelah didapatkan hasil ROI pada tahap segmentasi, dilakukan ekstraksi fitur menggunakan metode HOG. Pada tahap HOG digunakan ukuran *cell* 32 x 32 piksel dan histogram bin berukuran 9. Fitur-fitur ROI dari citra *dataset* yang telah didapat digunakan untuk tahap klasifikasi. Data *training* yang digunakan pada tahap klasifikasi merupakan fitur dari *Ground Truth* segmentasi yang telah diberi label kelas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang diusulkan dan diterapkan pada citra input mampu mencapai akurasi yang baik, yaitu 93.3%. Untuk penelitian selanjutnya, perlu diperbaiki metode klasifikasi yang diusulkan. Dapat digunakan pelabelan multikelas *One Against All* untuk pengoptimalan waktu *running* klasifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Widiarti and P. N. Wastu, "Javanese Character Recognition Using Hidden Markov Model," *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 9, pp. 2201–2204, 2009.
- [2] M. Soleh, "Handwritten Javanese Character Recognition using Discriminative Deep Learning Technique," *Int. Conf. Inf. Technol. Inf. Syst. Electr. Eng.*, pp. 325–330, 2017.
- [3] J. Tan, J. Lai, C. Wang, W. Wang, and X. Zuo, "A new handwritten character segmentation method based on nonlinear clustering," *Neurocomputing*, vol. 89, pp. 213–219, 2012.
- [4] R. Amat, J. Y. Sari, and I. P. Ningrum, "Implementasi metode local binary patterns untuk pengenalan pola huruf hiragana dan katakana pada smartphone," *JUTI J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. 15, pp. 162–172, 2017.
- [5] A. Tikader, "Histogram of Oriented Gradients for English-Bengali Script Recognition," *Int. Conf. Conver. Technol.*, pp. 1–5, 2014.
- [6] N. Shanthi and K. Duraiswamy, "A Novel SVM-based Handwritten Tamil Character Recognition System," *Pattern Anal. Appl.*, vol. 13, no. 2, pp. 173–180, 2010.
- [7] A. R. Widiarti, "The Model and Implementation of Javanese Script Image Transliteration," *Int. Conf. Soft Comput. Intell. Syst. Inf. Technol.*, 2017.
- [8] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection," *IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, 2005.
- [9] H. Hardjawijana, "Pedoman Penulisan Aksara Jawa." Yayasan Pustaka Utama, Yogyakarta, 2002.
- [10] A. M. Sulaiman, "HANACARAKA: Aksara Jawa yang Mulai Ditinggalkan," no. August, 2011.

- [11] M. A. Kumar and M. Gopal, "Reduced one-against-all method for multiclass SVM classificatio," *Expert Systems With Applications*, 2011. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.237>.
- [12] M. N. Fuad and N. Suciati, "Klasifikasi multilabel motif citra batik menggunakan boosted random ferns," *JUTI J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. 16, no. 1, pp. 79–89, 2018.
- [13] L. He, X. Ren, Q. Gao, X. Zhao, B. Yao, and Y. Chao, "The connected-component labeling problem : A review of state-of-the-art algorithms," *Pattern Recognit.*, vol. 70, pp. 25–43, 2017.
- [14] K. Wu, E. Otoo, A. Shoshani, and L. Berkeley, "Optimizing Connected Component Labeling Algorithms," *Pattern Anal.*, 2008.
- [15] L. He, Y. Chao, K. Suzuki, and K. Wu, "Fast connected-component labeling," *Pattern Recognit.*, vol. 42, pp. 1977–1987, 2009.
- [16] C. Cortes and V. Vapnik, "Support-Vector Networks," *Mach. Learn.*, vol. 297, pp. 273–297, 1995.