
Jurnal *Rekayasa Elektrika*

VOLUME 14 NOMOR 1

APRIL 2018

Pengenalan Karakter Plat Nomor Kendaraan Bermotor Menggunakan Zoning dan Fitur Freeman Chain Code 19-25

Taufik Fuadi Abidin, Abbas Adam AzZuhri, dan Fitri Arnia

JRE	Vol. 14	No. 1	Hal 1-82	Banda Aceh, April 2018	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620X
-----	---------	-------	----------	---------------------------	--------------------------------------

Pengenalan Karakter Plat Nomor Kendaraan Bermotor Menggunakan Zoning dan Fitur Freeman Chain Code

Taufik Fuadi Abidin¹, Abbas Adam AzZuhri¹, dan Fitri Arnia²

¹Jurusan Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala
Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 6-7, Banda Aceh 23111
e-mail: taufik.abidin@unsyiah.ac.id

Abstrak—Plat nomor merupakan salah satu data identitas dari kendaraan bermotor. Plat nomor terdiri dari huruf dan angka yang menginformasikan kode provinsi dan kode daerah dimana kendaraan bermotor terdaftar. Artikel ini membahas tentang pengenalan karakter dari citra plat nomor kendaraan bermotor menggunakan *zoning* dan *Freeman Chain Code* (FCC). Citra karakter plat nomor dibagi dalam beberapa zona yaitu 4, 6, dan 8. Kemudian, pola dari setiap karakter plat nomor diekstrak dari zona menggunakan FCC sebagai fitur numerik dari karakter plat nomor. Data citra karakter plat nomor tersebut kemudian diklasifikasi menggunakan metode *Support Vector Machines* (SVM) dengan 36 kategori. Hasil menunjukkan bahwa fitur FCC menggunakan 8 zona memberikan nilai akurasi terbaik (87%) bila dibanding dengan kedua zona yang lain.

Kata kunci: pengenalan pola, ekstraksi fitur, freeman chain code, zoning, support vector machines

Abstract—A license plate is one of the vehicle identities. It consists of alphabetic characters and numbers and represents provincial and area code where the vehicle is registered. This article discusses the character recognition of plate number using zoning and Freeman Chain Code (FCC). Zoning divides character image into several zones i.e. 4, 6, and 8, and then, the pattern of each character in the zone is extracted using FCC as the numerical features. The character is then classified using Support Vector Machines (SVM). It is a multi-class classification problem with 36 categories. The results show that FCC features with 8 zones give the best accuracy (87%) when compared to the other two zones.

Keywords: pattern recognition, feature extraction, freeman chain code, zoning, support vector machines

Copyright © 2018 Jurnal Rekayasa Elektrika. All right reserved

I. PENDAHULUAN

Plat nomor merupakan salah satu bentuk identitas dari kendaraan bermotor. Plat nomor kendaraan bermotor terdiri dari kombinasi huruf dan angka yang mengandung informasi tentang kode provinsi dan kode daerah dimana kendaraan bermotor tersebut terdaftar. Di Indonesia, warna latar dari plat nomor kendaraan bermotor mengandung arti, sebagai contoh, warna latar hitam tulisan putih berarti kendaraan pribadi, warna latar merah tulisan putih berarti kendaraan dinas, dan warna latar kuning tulisan hitam berarti kendaraan umum.

Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan semakin padatnya arus lalu lintas di suatu daerah membuat sistem pengenalan citra digital plat nomor kendaraan bermotor oleh komputer menjadi penting. Sistem pengenalan citra digital plat nomor kendaraan bermotor diperlukan untuk mendukung ketertiban lalu lintas, mengetahui dengan cepat pemilik kendaraan bermotor, dan mempermudah pengaturan area parkir. Sistem pengenalan citra digital plat

nomor kendaraan bermotor dapat dilakukan menggunakan teknik pengenalan pola (*pattern recognition*) [1].

Salah satu metode pembelajaran mesin yang populer dan dapat digunakan untuk menentukan huruf dan angka dari citra digital adalah *Support Vector Machines* (SVM) [2][3]. SVM adalah metode klasifikasi dua kelas yang memetakan data pembelajaran ke ruang berdimensi tinggi R^n untuk mendapatkan *hyperplane* dengan margin terbesar diantara vektor pendukung terdekat dari kelas yang berbeda sehingga data kedua kelas terpisah secara optimal [4]. Untuk menggunakan metode SVM, setiap fitur harus bertipe numerik.

Kajian ini membahas tentang pengenalan jenis huruf dan angka dari citra digital plat nomor kendaraan bermotor menggunakan metode klasifikasi SVM *multi-class* dengan pendekatan *one-against-one* serta menerapkan metode *zoning* [5][6] dan *Freeman Chain Code* (FCC) [7][8] dalam mengekstrak fitur huruf dan angka dari citra digital plat nomor kendaraan bermotor. Metode *zoning* membagi citra digital dalam beberapa zona yang sama, kemudian,

pola dalam setiap zona diekstrak. Penerapan metode *zoning* dalam pengenalan aksara Sunda dan tulisan tangan karakter Devanagari telah dikaji oleh [5] dengan akurasi pengenalan pola mencapai 88.9%. Sementara [6] mengkaji tentang dampak variasi ukuran zona dalam pengenalan karakter cetak tulisan tangan.

FCC adalah metode ekstraksi fitur yang menggambarkan objek dengan menghubungkan garis-garis berdasarkan arah mata angin yang disebut *neighbors*. *Neighbors* adalah sederetan angka-angka yang menggambarkan pola sebuah objek. Penggunaan metode FCC untuk mengekstrak fitur citra aksara Jawi tulisan tangan telah dilakukan oleh [7]. Dari kajian tersebut diperoleh akurasi pengenalan citra aksara Jawi sebesar 80% [7]. FCC juga pernah diterapkan sebagai metode ekstraksi fitur yang dikombinasikan dengan fitur karakter (FCCwF) pada pengenalan citra plat nomor mobil di Malaysia [8]. Akurasi dari sistem pengenalan pola plat nomor tersebut mencapai 95%. Mereka juga mengklaim bahwa FCC adalah metode yang efisien dalam mengekstrak fitur, namun kualitas citra yang digunakan harus sangat baik karena jika citra berkualitas buruk dapat mengganggu proses ekstraksi fitur.

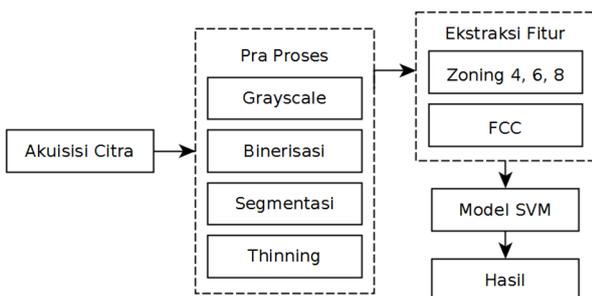
Artikel ini membahas tentang pengenalan jenis huruf dan angka plat nomor kendaraan bermotor menggunakan metode SVM yang fiturnya dibangkitkan menggunakan gabungan metode *zoning* dan FCC. Akurasi dari hasil klasifikasi dihitung berdasarkan nilai *f-measure* (F1) yang akan diuraikan pada bagian selanjutnya.

II. METODE

Proses pengenalan karakter plat nomor kendaraan bermotor dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu akuisisi citra, pra proses yang meliputi *grayscale*, binerisasi, segmentasi, dan *thinning*, serta tahapan ekstraksi fitur menggunakan metode *zoning* dan FCC, membangun model klasifikasi SVM, dan menganalisa hasil klasifikasi setiap zona. Alur pengenalan pola diperlihatkan pada Gambar 1.

A. Akuisisi Citra

Akuisisi citra adalah proses pengumpulan citra digital plat nomor kendaraan bermotor menggunakan kamera beresolusi 3 megapiksel dengan jarak pengambilan foto antara 50–100 cm. Pengambilan foto dilakukan secara tegak lurus menghadap plat nomor. Citra plat nomor



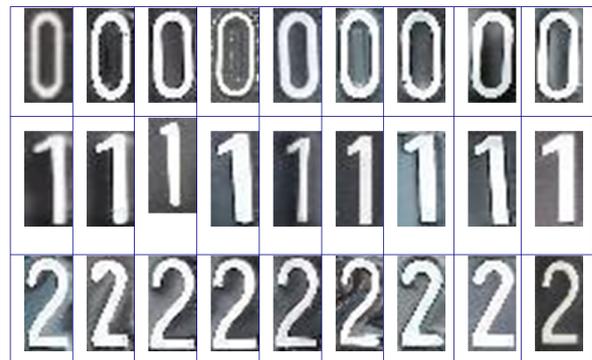
Gambar 1. Alur pengenalan pola yang diajukan

kendaraan bermotor yang dihimpun adalah plat nomor yang menggunakan huruf dan angka standar tanpa modifikasi yang ditulis dengan huruf kapital A - Z dan angka 0 - 9. Selain itu, warna latar plat nomor adalah hitam dengan karakter huruf atau angka berwarna putih. Jumlah citra yang dikumpulkan adalah 468. Sebanyak 360 citra plat nomor, masing-masing 10 citra untuk setiap karakter, digunakan sebagai data pembelajaran dan 108 citra, masing-masing 3 citra untuk setiap karakter, dijadikan data pengujian. Gambar 2 memperlihatkan contoh data pembelajaran untuk karakter 0, 1, dan 2, sedangkan Gambar 3, 4, dan 5 memperlihatkan kelompok data pengujian yang digunakan dalam kajian ini.

B. Pra Proses

Ada empat tahapan pra proses yang dilakukan dalam kajian ini yaitu *grayscale*, binerisasi, segmentasi, dan *thinning*. *Grayscale* adalah proses mengubah citra berskala keabuan yang dinyatakan dengan intensitas antara 0 – 255 [9]. Nilai 0 adalah warna hitam dan nilai 255 adalah warna putih. Gambar 6 memperlihatkan contoh citra *grayscale*.

Selanjutnya citra *grayscale* dibinerisasi dalam batas ambang 200 sehingga citra hanya memiliki dua nilai yaitu 0 dan 1 atau hitam dan putih [10]. Latar dan objek dari citra biner dapat secara nyata dibedakan sehingga



Gambar 2. Contoh data pembelajaran karakter 0,1, dan 2



Gambar 3. Data pengujian 1



Gambar 4. Data pengujian 2



Gambar 5. Data pengujian 3

segmentasi per karakter dapat dengan mudah dilakukan. Untuk setiap citra plat nomor kendaraan bermotor akan diperoleh beberapa segmen dengan ukuran panjang 20 piksel dan lebar 40 piksel. Gambar 7 memperlihatkan contoh citra biner dan Gambar 8 memperlihatkan citra hasil segmentasi untuk huruf B dan L.

Karena setiap karakter hasil segmentasi memiliki bentuk yang berbeda-beda maka proses *thinning* dilakukan untuk membuat ketebalan karakter menjadi satu piksel. *Thinning* adalah proses penghapusan deretan piksel pada citra secara terurut sampai menyisakan satu piksel atau rangka citra tanpa mengurangi bentuk aslinya [11]. Pada kajian ini, algoritma Zhang Suen digunakan untuk proses *thinning* [12]. Algoritma tersebut memiliki dua sub iterasi dan syarat penghapusan piksel yang berbeda. Gambar 9 memperlihatkan ilustrasi 8 *neighbors* dari piksel p1.

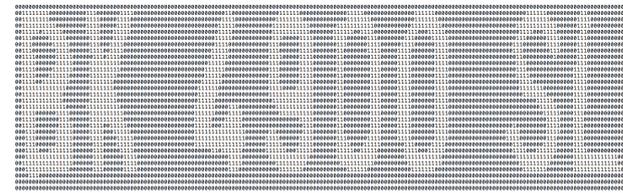
Pada sub iterasi pertama, piksel p1(i,j) akan dihapus jika keempat syarat berikut terpenuhi,

$$\begin{aligned}
 2 &\leq B(p1) \leq 6 \\
 A(p1) &= 1 \\
 p2 * p4 * p6 &= 0 \\
 p4 * p6 * p8 &= 0
 \end{aligned}$$

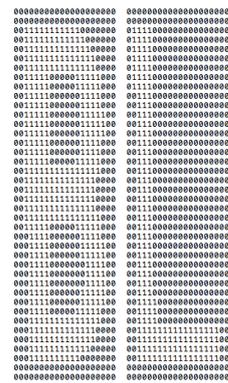
B(p1) adalah penjumlahan kedelapan *neighbors* p2,



Gambar 6. Contoh citra *grayscale*



Gambar 7. Citra biner



Gambar 8. Citra hasil segmentasi karakter B dan L

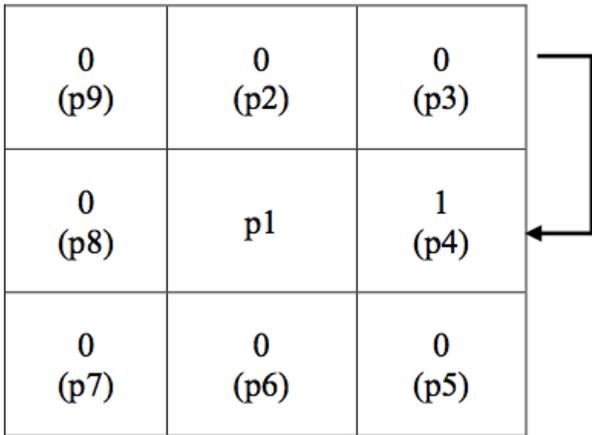
p9 (i-1,j-1)	p2 (i-1,j)	p3 (i-1,j+1)
p8 (i,j-1)	p1 (i,j)	p4 (i,j+1)
p7 (i+1,j-1)	p6 (i+1,j)	p5 (i+1,j+1)

Gambar 9. Ilustrasi 8 *neighbors* dari piksel p1

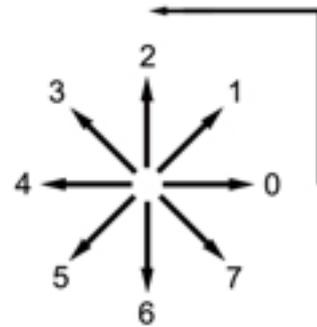
p3, p4, p5, p6, p7, p8, dan p9 yang bernilai 1, sedangkan A(p1) adalah jumlah deretan nilai secara terurut dari kedelapan *neighbors* yang bernilai "01". Gambar 10 memperlihatkan deretan nilai "01" pada piksel p3 dan p4. Selanjutnya pada sub iterasi kedua, piksel p1 (i,j) akan dihapus jika ketiga syarat pertama sebelumnya terpenuhi, sedangkan syarat keempat adalah $p2 * p6 * p8 = 0$. Sub iterasi kedua ini akan berhenti jika tidak ada lagi piksel p1(i,j) yang memenuhi syarat.

C. Ekstraksi Fitur

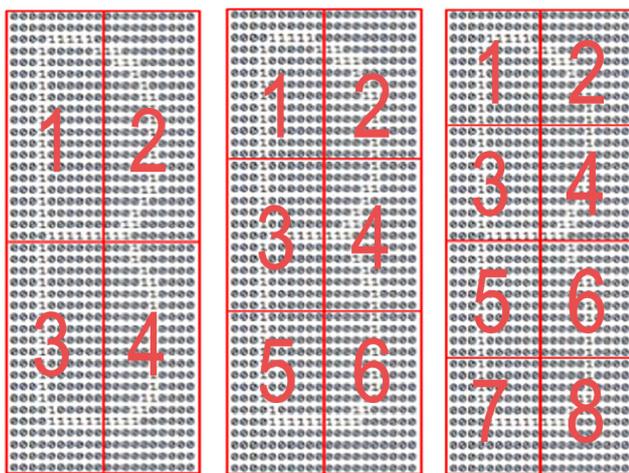
Fitur merepresentasikan ciri dan karakteristik dari objek. Ekstraksi fitur adalah proses mendapatkan ciri dan karakteristik tersebut. Dalam kajian ini, langkah awal yang dilakukan pada proses ekstraksi fitur adalah melakukan proses *zoning*. *Zoning* membagi citra hasil *thinning* ke dalam beberapa zona. Pada kajian ini, ada 3



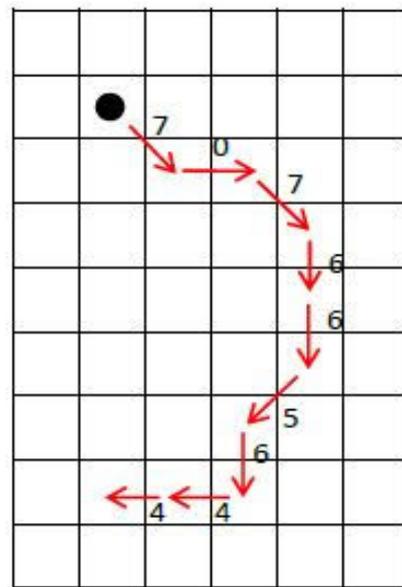
Gambar 10. Ilustrasi deretan nilai "01"



Gambar 12. Arah pembacaan piksel 8 neighbors



Gambar 11. Pembagian karakter B dalam 4, 6, dan 8 zona



Gambar 13. Pola pembacaan piksel menggunakan FCC

kelompok zona yang dianalisa yaitu 4, 6, dan 8. Kelompok 4 zona memiliki 4 sub zona, masing-masing sub zona memiliki ukuran panjang 10 piksel dan lebar 20 piksel. Kelompok 6 zona memiliki 6 sub zona, masing-masing sub zona memiliki ukuran panjang 10 piksel dan lebar 13 piksel, sedangkan kelompok 8 zona memiliki 8 sub zona, masing-masing zona memiliki ukuran panjang 10 piksel dan lebar 10 piksel. Jika zona dibuat terlalu banyak maka jumlah piksel dalam setiap sub zona akan semakin sedikit sehingga pada saat proses pembacaan dan penelusuran piksel dilakukan menggunakan metode FCC hasilnya tidak sempurna karena ciri dan karakteristik dari karakter tidak dapat direpresentasikan dengan baik [5]. Hal yang sama juga akan terjadi jika jumlah zona terlalu sedikit [5]. Gambar 11 memperlihatkan segmentasi citra biner huruf B dalam 3 kelompok zona yang berbeda.

Pola dari objek dalam setiap zona kemudian diekstrak menggunakan metode FCC dengan cara menelusuri setiap piksel menggunakan 8 arah neighbors. Proses penelusuran dilakukan dari kanan ke kiri atau berlawanan arah jarum jam seperti yang diperlihatkan pada Gambar 12.

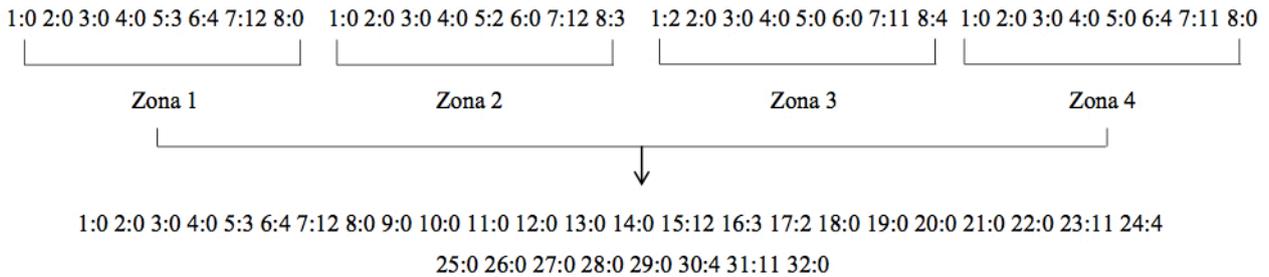
Karena proses penelusuran pola piksel dilakukan dari arah kanan ke kiri dan dari arah atas ke bawah maka titik awal pembacaan dan penelusuran akan selalu berada

pada posisi sudut kanan atas zona. Hasil pembacaan dan penelusuran akan membentuk pola dari objek dalam 8 arah neighbors. Gambar 13 memperlihatkan contoh pembacaan dan penelusuran piksel menggunakan metode FCC.

Karena keberagaman bentuk huruf dan angka dari karakter plat nomor kendaraan bermotor maka panjang kode hasil penelusuran piksel dalam setiap zona menjadi bervariasi. Oleh karena itu, kode hasil pembacaan dan penelusuran harus dinormalisasi agar panjang fitur menjadi sama untuk setiap zona. Proses normalisasi dilakukan dengan menghitung frekuensi kemunculan dari setiap neighbors [7]. Jumlah fitur dari setiap zona setelah dinormalisasi adalah 8 sehingga panjang fitur citra untuk 4 zona adalah $8 \times 4 = 32$ seperti yang diperlihatkan pada Gambar 14. Untuk 6 zona, jumlah fitur citra adalah 48, dan untuk 8 zona, jumlah fitur citra adalah 64.

D. Support Vector Machines

SVM diperkenalkan pertama sekali Vapnik [2]. SVM adalah metode pembelajaran dua kelas (*bi-class*) yang mentransformasikan data ke ruang fitur (*feature space*) yang berdimensi lebih tinggi untuk mendapatkan lebar margin yang optimal [2]. Pada dasarnya, SVM adalah



Gambar 14. Susunan dan jumlah fitur untuk citra 4 zona

metode klasifikasi yang berupaya memisahkan dua kelas secara linier. Namun, karena pada kenyataannya banyak permasalahan tidak selalu dapat dipisahkan secara linier, SVM mentransformasikan masalah-masalah non-linier ke ruang berdimensi yang lebih tinggi menggunakan fungsi kernel. Fungsi kernel yang sering digunakan adalah fungsi linier, polinomial, radial, dan sigmoid. Pada kajian ini, program SVM-light [13] digunakan untuk membangun model klasifikasi. Model tersebut kemudian digunakan untuk menentukan jenis karakter plat nomor kendaraan bermotor oleh komputer.

Akurasi dari model klasifikasi SVM yang dibangun untuk menentukan setiap jenis huruf dan angka karakter plat nomor kendaraan bermotor diukur berdasarkan nilai *Precision (P)*, *Recall (R)*, dan *F-measure (F1)*. *Precision* dan *Recall* mengukur ketepatan dan kelengkapan dalam menentukan kategori sedangkan *F-measure* merupakan nilai rata-rata harmonik dari *Precision* dan *Recall*. Pengukuran akurasi berdasarkan *Precision* dan *Recall* juga dapat digunakan untuk mengukur akurasi dari sistem temu kembali citra [14]. Nilai *F-measure* berkisar antara 0 dan 1 dan akurasi terbaik adalah ketika *F-measure* bernilai 1.

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad R = \frac{TP}{TP + FN} \quad F1 = \frac{2 \cdot P \cdot R}{P + R}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model klasifikasi SVM dibangun menggunakan 360 data citra huruf dan angka. Ada 10 citra untuk masing-masing karakter. Jumlah gabungan huruf A–Z dan angka 0–9 adalah 36 sehingga model klasifikasi SVM yang harus dibangun melalui pendekatan *one-against-one* adalah sebanyak 630. Pendekatan *one-against-one* mengharuskan setiap kategori dimodelkan dengan setiap kategori yang lain secara berpasangan sehingga jika data memiliki k kategori maka akan ada $k(k-1)/2$ model.

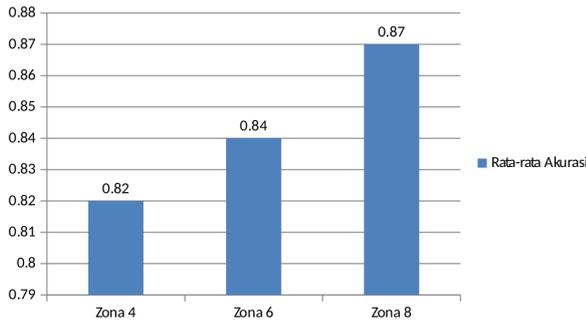
Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali untuk masing-masing karakter sehingga ada 108 karakter yang dievaluasi. Pengujian dilakukan menggunakan pendekatan *one-against-one* pada 630 model SVM yang telah dibangun pada saat pembelajaran. Penentuan kategori untuk setiap karakter dilakukan melalui *voting* berdasarkan hasil klasifikasi 630 model SVM tersebut.

Pada pengujian pertama, seluruh karakter yang dibagi menggunakan zona 8 berhasil diklasifikasi dengan benar,

sedangkan untuk zona 6 dan zona 4 masih ditemukan kekeliruan. Pada zona 6, kesalahan klasifikasi terjadi pada karakter 8, M, W, dan X. Karakter 8 pada zona 6 terklasifikasi sebagai karakter 9, karakter M terklasifikasi sebagai karakter N, karakter W terklasifikasi sebagai karakter M, dan karakter X terklasifikasi sebagai karakter K. Pada zona 4, kesalahan klasifikasi terjadi pada karakter M, T, W, dan Y. Karakter M terklasifikasi sebagai karakter H, karakter T terklasifikasi sebagai karakter 5, karakter W terklasifikasi sebagai karakter 9, dan karakter Y terklasifikasi sebagai karakter P.

Pada pengujian kedua, tidak semua karakter berhasil diklasifikasi untuk zona 8. Kesalahan klasifikasi terjadi pada karakter 0, I, K, dan Q. Karakter 0 terklasifikasi sebagai karakter D, karakter I terklasifikasi sebagai karakter D, karakter K terklasifikasi sebagai karakter V, dan karakter Q terklasifikasi sebagai karakter 0. Pada zona 6, kesalahan klasifikasi terjadi pada karakter C, E, I, Q, T, dan W. Karakter C terklasifikasi sebagai karakter G, karakter E terklasifikasi sebagai karakter S, karakter I terklasifikasi sebagai karakter Y, karakter Q terklasifikasi sebagai karakter 0, karakter T terklasifikasi sebagai karakter 5, dan karakter W terklasifikasi sebagai karakter H. Sementara pada zona 4, kesalahan klasifikasi terjadi pada karakter 7, F, I, O, T, dan X. Karakter 7 terklasifikasi sebagai karakter Z, karakter F terklasifikasi sebagai karakter E, karakter I terklasifikasi sebagai karakter L, karakter O terklasifikasi sebagai karakter 8, karakter T terklasifikasi sebagai karakter 5, dan karakter X terklasifikasi sebagai karakter Y.

Pada pengujian ketiga, tidak semua karakter juga berhasil diklasifikasi dengan benar. Pada zona 8, kesalahan klasifikasi terjadi pada karakter 0, 2, A, H, I, N, Q, T, dan Y. Karakter 0 terklasifikasi sebagai karakter U, karakter 2 terklasifikasi sebagai karakter Z, karakter A terklasifikasi sebagai karakter 4, karakter H terklasifikasi sebagai karakter M, karakter I terklasifikasi sebagai karakter Y, karakter N terklasifikasi sebagai karakter W, karakter T terklasifikasi sebagai karakter F, dan karakter Y terklasifikasi sebagai karakter X. Pada zona 6, kesalahan klasifikasi terjadi pada karakter 0, G, H, I, O, X, dan Y. Karakter 0 terklasifikasi sebagai karakter Q, karakter G terklasifikasi sebagai karakter C, karakter H terklasifikasi sebagai karakter M, karakter I terklasifikasi sebagai karakter Y, karakter O terklasifikasi sebagai karakter Q, karakter X terklasifikasi sebagai karakter Y, dan karakter Y terklasifikasi sebagai



Gambar 15. Nilai rata-rata akurasi per zona

Tabel 1. Nilai akurasi dari data pengujian per zona

No	Karakter Citra	Nilai Akurasi Berdasarkan Zona								
		8			6			4		
		P	R	F1	P	R	F1	P	R	F1
1	0	0,33	0,33	0,33	0,66	0,66	0,66	1,00	1,00	1,00
2	1	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00
3	2	1,00	0,66	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	4	0,75	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6	5	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,86	0,60	1,00	0,75
7	6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,66	0,80
9	8	1,00	1,00	1,00	1,00	0,66	0,80	0,75	1,00	0,86
10	9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	0,75
11	A	1,00	0,66	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
12	B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
13	C	1,00	1,00	1,00	0,66	0,66	0,66	0,75	1,00	0,86
14	D	0,75	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	E	1,00	1,00	1,00	1,00	0,66	0,80	0,60	1,00	0,75
16	F	0,75	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33
17	G	1,00	1,00	1,00	0,66	0,66	0,66	1,00	0,66	0,80
18	H	1,00	0,66	0,80	0,66	0,66	0,66	0,75	1,00	0,86
19	I	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50
20	J	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	K	1,00	0,66	0,80	0,75	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00
22	L	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,86
23	M	0,75	1,00	0,86	0,50	0,66	0,57	1,00	0,66	0,80
24	N	1,00	0,66	0,80	0,75	1,00	0,86	1,00	0,66	0,80
25	O	1,00	1,00	1,00	1,00	0,66	0,80	1,00	0,33	0,50
26	P	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,86
27	Q	1,00	0,33	0,50	0,50	0,66	0,57	0,75	1,00	0,86
28	R	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
29	S	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00
30	T	1,00	0,66	0,80	1,00	0,66	0,80	1,00	0,00	0,00
31	U	0,75	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
32	V	0,75	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
33	W	0,75	1,00	0,86	1,00	0,33	0,50	1,00	0,66	0,80
34	X	0,75	1,00	0,86	1,00	0,33	0,50	0,66	0,66	0,66
35	Y	0,50	0,66	0,57	0,40	0,66	0,50	0,50	0,30	0,38
36	Z	0,75	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,86
Rata-rata Akurasi		0,91	0,88	0,87	0,88	0,84	0,84	0,88	0,84	0,82

karakter I. Pada zona 4, kesalahan klasifikasi terjadi pada karakter F, G, I, N, O, T, dan Y. Karakter F terklasifikasi sebagai karakter E, karakter G terklasifikasi sebagai karakter C, karakter I terklasifikasi sebagai karakter F, karakter N terklasifikasi sebagai karakter 9, karakter O terklasifikasi sebagai karakter Q, karakter T terklasifikasi sebagai karakter F, dan karakter Y terklasifikasi sebagai karakter X. Adanya kesalahan klasifikasi karakter 0 menjadi Q diduga karena kemiripan bentuk bulat dari kedua karakter tersebut, sedangkan kesalahan klasifikasi karakter O menjadi Q karena kehadiran garis diagonal di tengah karakter O yang juga mirip dengan karakteristik karakter Q yang memiliki garis diagonal kecil di sisi kanan bawah. Karakter 0 tidak pernah dikenali sebagai karakter O disebabkan karena adanya garis diagonal di tengah karakter O.

Tabel 1 merangkum nilai akurasi dari proses klasifikasi menggunakan SVM *one-against-one* untuk setiap karakter per zona. Terlihat bahwa rata-rata akurasi untuk zona 8 lebih baik dari pada zona 6 dan 4. Hal ini disebabkan karena jumlah piksel dalam setiap sub zona berhasil menggambarkan arah perubahan piksel karakter secara baik ketika dilakukan pembacaan dan penelusuran piksel menggunakan metode FCC. Dari Tabel 1 terlihat bahwa nilai rata-rata akurasi untuk zona 8 lebih baik bila dibanding dengan zona 6 dan zona 4, sedangkan nilai akurasi zona 6 lebih baik bila dibanding dengan zona 4. Gambar 15 memperlihatkan perbandingan nilai *F-measure* (akurasi) rata-rata per zona dalam bentuk diagram batang.

IV. KESIMPULAN

Hasil kajian menunjukkan bahwa gabungan metode *zoning* dan metode FCC efektif digunakan untuk menentukan fitur numerik dari citra karakter plat nomor kendaraan bermotor. Hasil klasifikasi 108 citra karakter plat nomor kendaraan bermotor menggunakan metode SVM *one-against-one* menunjukkan bahwa nilai rata-rata akurasi lebih baik bila citra karakter dibagi menjadi 8 zona. Hal ini disebabkan karena jumlah piksel dalam setiap sub zona berhasil menggambarkan arah perubahan piksel karakter secara baik ketika proses pembacaan dan penelusuran dilakukan menggunakan metode FCC. Rata-rata akurasi untuk mengklasifikasi citra karakter plat nomor kendaraan bermotor untuk 8 zona adalah 0,87 (87%), rata-rata akurasi untuk 6 zona adalah 0,84 (84%), dan rata-rata akurasi untuk 4 zona adalah 0,82 (82%).

Pada kajian selanjutnya, penerapan metode *zoning* dan FCC pada citra karakter plat nomor kendaraan bermotor yang telah dimodifikasi bentuk dan warnanya akan dikaji untuk mengetahui apakah gabungan kedua metode tersebut tetap efektif bekerja dalam menentukan pola karakter plat nomor kendaraan yang telah dimodifikasi.

REFERENSI

[1] S. T. Bow. *Pattern Recognition and Image Processing*, 2nd eds., CRC Press, 2002.

- [2] V. Vapnik. *The Nature of Statistical Learning Theory*, 2nd eds., Springer-Verlag, New York, 2000.
- [3] H. Byun and S.W. Lee. "A Survey on Pattern Recognition Applications of Support Vector Machines," *Intl. Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, vol. 17(3), pp. 459–486, 2003.
- [4] N. Christianini and J. Taylor. *An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods*, Cambridge University Press, 2000.
- [5] O. R. Murthy and M. Hanmandlu. "Zoning Based Devanagari Character Recognition," *International Journal of Computer Applications*, vol. 27(4), pp. 21–25, 2011.
- [6] C. Y. Suen, J. Guo, and Z. C. Li. "Analysis and Recognition of Alphanumeric Handprints by Parts," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 24(4), pp. 614–630, 1994.
- [7] Safrizal, F. Arnia, dan R. Muharar. "Pengenalan Aksara Jawi Tulisan Tangan Menggunakan Freeman Chain Code (FCC), Support Vector Machines, dan Aturan Pengambilan Keputusan," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 5(1), pp. 45–55, 2016.
- [8] N. A. Jusoh and J. M. Zain. *Malaysian Car Plates Recognition using Freeman Chain Codes and Characters' Features*. Communications in Computer and Information Science, vol. 179, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011.
- [9] W. Burger and M. J. Burge. *Principles of Digital Image Processing: Fundamental Techniques*, 1st eds., Springer-Verlag, London, 2009.
- [10] F. Y. Shih. *Image Processing and Pattern Recognition: Fundamentals and Techniques*, 1st eds., Wiley-IEEE Press, 2010.
- [11] C. Y. Suen and P. S. P. Wang. *Thinning Methodologies for Pattern Recognition*, vol. 8, World Scientific, 1994.
- [12] T. Y. Zhang and C. Y. Suen. "A Fast Parallel Algorithm for Thinning Digital Patterns," *Communications of the ACM*, 27(3), pp. 236–239, 1984.
- [13] Joachims. *Making Large-scale SVM Learning Practical: Advances in Kernel Methods - Support Vector Learning*, B. Scholkopf, C. Burges, and A. Smola (ed.), MIT Press, 1999.
- [14] Y. Dhyanti, K. Munadi, dan F. Arnia. "Penerapan Deskriptor Warna Dominan untuk Temu Kembali Citra Busana pada Peranti Bergerak," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 12(3), pp. 104–110, 2016.

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net

Telp/Fax: (0651) 7554336

