

PERANCANGAN SISTEM PENGENALAN PLAT NOMOR KENDARAAN MENGGUNAKAN METODE *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS*

Selpha Yulida, Apriani Kusumawardhan, Heru Setijono
Department of Engineering Physics, Faculty of Industrial Technology
ITS Surabaya Indonesia 60111, email: apri@ep.its.ac.id

Abstrak—Sistem identifikasi dan pengenalan plat nomor serta label produk-produk di industri menjadi aplikasi yang penting. Sistem tersebut bertujuan untuk mengekstraksi dan mengenali plat nomor dari citra kendaraan sehingga dapat digunakan sebagai *access control system* gerbang tol, area parkir, maupun sistem pengamanan serta sistem pembayarannya. Selain itu, pengenalan label produk-produk di industri juga sangat penting untuk kemudahan pengelolaan data. Untuk mendukung hal tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang perancangan sistem pengenalan plat nomor kendaraan untuk mendapatkan performa sistem yang baik. Berbagai metode telah digunakan dalam penelitian pengenalan plat nomor seperti Fuzzy dan JST. Namun, dalam penelitian tugas akhir ini dikembangkan sistem pengenalan karakter menggunakan metode PCA. *Principal Component Analysis* (PCA) adalah suatu metode untuk merepresentasikan suatu objek di mana ditekankan pada proses ekstraksi fitur. Ekstraksi fitur bertujuan untuk mengekstraksi ciri-ciri khusus dari objek serta mereduksi dimensinya dengan mengubah sejumlah variabel korelasi ke jumlah yang lebih sedikit, sehingga proses komputasi mampu berlangsung lebih cepat. Dalam tugas akhir ini, telah dilakukan penelitian dengan mengambil citra plat nomor melalui webcam dan diuji dengan program pengenalan plat nomor. Dari hasil uji pengenalan, PCA terbukti dapat diaplikasikan pada sistem pengenalan plat nomor kendaraan dengan tingkat keberhasilan yang baik untuk jarak dan posisi tertentu. Demikian juga untuk metode segmentasi karakter plat nomor, labeling merupakan metode yang mampu diterapkan dalam penelitian ini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pengenalan plat nomor kendaraan ini mampu diaplikasikan secara optimal dengan tingkat pengenalan 80%-100% pada jarak webcam 1m dan sudut antara -15° sampai 15° dari pusat plat nomor serta ketinggian webcam 25-100cm. Hal itu menunjukkan bahwa sistem tersebut juga baik untuk diaplikasikan dalam pengenalan label produk-produk di industri.

Kata kunci—*Principal Component Analysis*, plat nomor, segmentasi, pengenalan, webcam

I. PENDAHULUAN

Masalah lalu lintas semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah kendaraan bermotor di Indonesia. Karena banyaknya masalah-masalah lalu lintas yang ada, pelacakan, pengenalan dan manajemen kendaraan menjadi topik utama dari sistem pengendalian lalu lintas modern. Sistem pengenalan kendaraan meliputi RFID (*Radio Frequency Identification*), *infra red*, *microwave* dan pengenalan dengan pengolahan citra. Sekarang ini, sistem pemantauan dan manajemen kendaraan berbasis plat nomor kendaraan telah berkembang [1]. Identifikasi dan pengenalan plat nomor menjadi aplikasi utama dalam bidang lalu lintas. Tujuannya adalah untuk mengekstraksi dan mengenali plat nomor dari citra kendaraan sehingga dapat digunakan sebagai

access control system gerbang tol maupun area parkir, sistem pengamanan serta sistem pembayarannya [2]. Selain diaplikasikan dalam bidang lalu lintas, sistem pengenalan karakter juga mampu dikembangkan untuk aplikasi dunia industri. Salah satu contoh penerapan sistem tersebut dalam dunia industri adalah sistem pengenalan nomor *container*.

Telah banyak penelitian mengenai sistem pengenalan plat nomor dengan pengolahan citra. Dalam *International Journal of Machine Learning and Computing* yang berjudul *Automatic Parking Management System and Parking Fee Collection Based on Number Plate Recognition*, digunakan algoritma deteksi tepi. Sistem pengenalan plat nomor kendaraan terdiri dari dua langkah utama yaitu, segmentasi karakter dan pengenalan karakter. Berbeda negara, berbeda pula algoritma dalam pengenalan plat nomor, dikarenakan perbedaan jenis plat yang digunakan. Dalam tugas akhir yang berjudul “Perancangan Sistem Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode *Principal Component Analysis*” digunakan metode *thresholding* dan *labeling* dalam segmentasi plat nomor, sedangkan dalam pengenalan karakternya digunakan metode PCA. Beberapa algoritma pendukung ditambahkan juga dalam proses segmentasi dan pengenalan untuk mendapatkan nilai akurasi sistem yang baik. Permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana membuat sistem pengenalan plat nomor kendaraan dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA). Pada penelitian ini, plat nomor pengujian yang digunakan adalah plat nomor hitam dan merah. Akuisisi citra dilakukan menggunakan webcam dengan beberapa variasi jarak, sudut dan ketinggian.

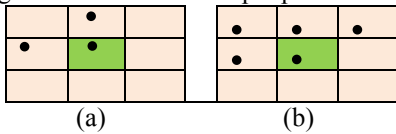
II. DASAR TEORI

Pada bagian ini dibahas mengenai dasar teori yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.

A. Pelabelan (*Labeling*)

Suatu citra dinotasikan sebagai fungsi $f(x,y)$. Ketika mengacu pada piksel tertentu, maka digunakan huruf kecil seperti p dan q . Suatu bagian dari piksel $f(x,y)$ dilambangkan sebagai S . Bayangkan pengamatan suatu citra piksel demi piksel dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah, dan anggap untuk saat ini terdapat ketertarikan dalam 4 komponen terkoneksi. Anggap p adalah piksel yang teramati pada proses *scanning*, sedangkan r dan t merupakan piksel tetangga bagian atas dan kiri. Sifat dari urutan *scanning* memastikan bahwa ketika kita sampai pada p , titik r dan t juga akan ditemui dan terlabelkan sebagai satu label. Dengan konsep tersebut, maka dipertimbangkan prosedur berikut. Jika nilai p adalah 0, maka langsung saja pindah ke posisi *scanning* selanjutnya. Jika nilai p adalah 1, maka periksa r dan t . Jika r dan t adalah 0,

tetapkan suatu label pada p . Jika hanya satu dari kedua titik adalah 1, tetapkan menjadi label pada p . Jika keduanya bernilai 1 dan mempunyai label yang sama, tetapkan pada label p . Jika keduanya adalah 1 namun memiliki label yang berbeda, maka tetapkan salah satu pada p dan buat catatan bahwa kedua label adalah sama. Pada akhir proses *scanning*, semua titik dengan nilai 1 telah terlabelkan, namun beberapa label mungkin sama. Selanjutnya adalah urutkan semua pasangan dari label yang sama dalam kelas yang sama, tandai label yang berbeda ke kelasnya masing-masing dan kemudian tempatkan kembali setiap label demi label yang telah tertandai ke kelas yang sesuai. Ilustrasi terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) 4 Komponen Terkoneksi (b) 8 Komponen Terkoneksi

Untuk label dengan 8 komponen terkoneksi, adalah sama halnya dengan teori di atas, namun kita mempertimbangkan 2 piksel tetangga di diagonal atasnya yang dinotasikan dengan q dan s [3].

B. Filter Penghalusan (Smoothing)

Filter penghalusan (*smoothing*) digunakan untuk mengaburkan dan mengurangi *noise*. Pengaburan digunakan untuk tahap *preprocessing* dalam pengolahan citra, seperti menghilangkan detail kecil dari suatu citra untuk mengekstraksi obyek yang besar dan menjembatani celah kecil dalam garis atau kurva [4]. Berdasarkan persamaan korelasi, implementasi umum untuk pemfilteran citra $M \times N$ dengan filter rata-rata bobot ukuran $m \times n$ (m dan n ganjil) adalah seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$g(x,y) = \frac{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s,t) f(x+s,y+t)}{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s,t)} \tag{1}$$

C. Filter Penajaman (Sharpenning)

Sebuah proses yang digunakan selama beberapa tahun oleh industri percetakan dan penerbitan adalah menajamkan citra yang terdiri dari pengurangan *unsharp* (*smoothed*) citra asli [5]. Proses dari *unsharp masking* terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Mengaburkan citra asli
2. Mengurangi citra yang kabur dari citra asli
3. Menambahkan *mask* ke citra asli

Jika $f'(x,y)$ menyatakan citra yang dikaburkan, *unsharp masking* adalah formula yang dinyatakan sebagai berikut:

$$g_{mask}(x,y) = f(x,y) - f'(x,y) \tag{2}$$

Kemudian tambahkan bobot *mask* dan kembalikan ke citra asli:

$$g(x,y) = f(x,y) + k * g_{mask}(x,y) \tag{3}$$

Di mana $k \geq 0$

D. Principal Component Analysis (PCA)

Metode *Principal Component Analysis* (PCA) dapat digunakan untuk mengekstraksi informasi yang relevan dari suatu data, dan mencari dasar lain yang lebih baik untuk mengekspresikan distribusi data. PCA merupakan teknik yang digunakan untuk mendapatkan pengkodean yang lebih padat atau ringkas dari suatu data, sehingga mampu mengurangi

dimensi dari n ke p , di mana $p \leq n$. Dengan demikian, menggunakan PCA dapat membuang komponen yang terkait dengan varians yang rendah dalam data tanpa kehilangan informasi yang besar

Sebuah citra mempunyai dimensi n , di mana n adalah perkalian antara h dan w (hxw). Karena h merupakan tinggi citra dan w adalah lebar citra, maka dimensi dari citra tersebut adalah $n=hw$. Apabila suatu citra berdimensi n , maka jumlah kombinasi linier dari citra sebanyak n merupakan dimensi yang tinggi. Hal itu akan menjadi masalah besar dalam komputasi ketika proses berlangsung. Dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) sebagai metode dalam ekstraksi fitur, maka dimensi citra yang tinggi tersebut dapat direduksi menjadi dimensi yang lebih rendah. Jumlah dimensi yang dihasilkan dengan menggunakan metode PCA, bergantung pada jumlah data yang digunakan oleh pelatihan dan juga jumlah dari sampel pada masing-masing data pelatihan yang digunakan. *Principal Component Analysis* merupakan metode yang sangat efisien pada suatu kondisi $m \ll n$ (jumlah data jauh lebih kecil daripada dimensi citra yang digunakan).

Dalam aplikasinya, bentuk matriks yang berperan penting adalah bentuk matriks bujur sangkar. Oleh karena itu, pengertian tentang nilai-nilai *eigen* atau nilai-nilai karakteristik dari matriks tersebut menjadi hal yang sangat penting. Jika A adalah suatu matriks bujursangkar sebarang berorde $n \times n$, maka vektor tak nol x dalam R^n disebut *eigenvector* dari A , jika $A.x$ adalah kelipatan skalar dari x yaitu

$$A x = \lambda x \tag{4}$$

Simbol λ merupakan nilai skalar yang dinamakan *eigenvalue* atau nilai karakteristik dari matriks A . Sedangkan x dikatakan *eigenvector* yang bersesuaian dengan λ .

Pengukuran kemiripan terhadap hasil ekstraksi fitur dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Euclidean distance*. Definisi dari *Euclidean distance* adalah panjang dari garis lurus yang menghubungkan posisi dua buah objek. Secara umum diketahui bahwa jarak terpendek antara dua titik adalah garis lurus antara kedua titik tersebut. Model matematis *Euclidean distance* dapat dirumuskan dalam persamaan 5 dan 6 sebagai berikut:

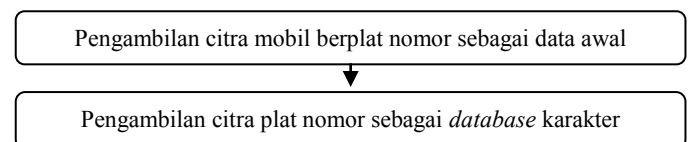
$$d_v = \sum_{j=1}^m \|F_{train\ ke\ j,w} - F_{uji\ j,w}\| \tag{5}$$

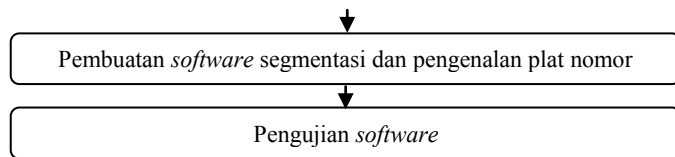
$$d_v = \sqrt{\sum_{j=1}^m (F_{pelatihan\ ke\ j,w} - F_{uji\ j,w})^2} \tag{6}$$

W adalah indeks ciri, nilai $F_{train\ ke\ j,w}$ merupakan matriks fitur yang dihasilkan oleh data pelatihan ke j , dengan $j \in 1 \dots m$ dan $m = k * s$. F_{uji} merupakan matriks bebas. Hasil pengukuran kemiripan yang didapat adalah $d = \min(d_v)$.

III. METODE

Dalam penelitian tugas akhir ini, peralatan yang digunakan adalah *webcam* dan *notebook* dengan *software* komputasi pengolahan citra. Gambar 2 adalah langkah-langkah utama yang dilakukan dalam penelitian.





Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Pengambilan citra mobil berplat nomor digunakan untuk menentukan tinggi, lebar dan luas dari setiap karakter dalam plat nomor. Pengambilan citra merupakan variasi jarak, tinggi dan posisi (kemiringan). Citra mobil berplat nomor diambil dengan ketentuan sebagai berikut:

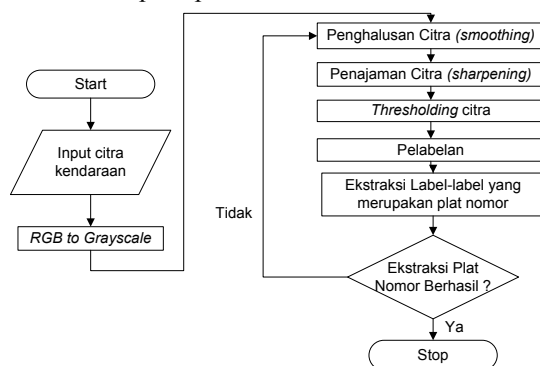
Tabel 1. Ketentuan Pengambilan Citra

No	Parameter	Ketentuan
1	Jarak	1 m , 2 m, 3 m, 4 m
2	Sudut	30°, 15°, 0°, -15°, dan -30°
3	Tinggi	25 cm, 50cm,75 cm, 100 cm, 125 cm, 150 cm

Setelah pengambilan citra-citra sebagai data awal, maka citra-citra tersebut diolah untuk mencari tinggi, lebar dan luas dari karakter-karakter plat nomor dalam citra yang diambil. Parameter-parameter tinggi, lebar dan luas tersebut digunakan sebagai ciri karakter untuk mensegmentasi plat nomor dari keseluruhan citra yang ada nantinya.

Pengambilan citra plat nomor dilakukan guna mendapatkan berbagai jenis karakter dalam plat nomor mobil. Pengambilan dilakukan secara acak tanpa melihat jarak maupun kemiringan. Citra-citra yang terkumpul akan diolah selanjutnya untuk digunakan sebagai *database*. Yang perlu diperhatikan adalah masing-masing citra diambil dengan posisi tegak lurus, miring kiri dan kanan. Dengan pengambilan sesuai posisi tersebut diharapkan *database* karakter tidak hanya tegak lurus, namun juga terdapat *database* karakter dengan posisi yang miring. Setelah semua citra plat nomor yang mengandung angka 0-9 dan huruf A-Z terkumpul, maka citra tersebut akan diolah untuk pembuatan *database*.

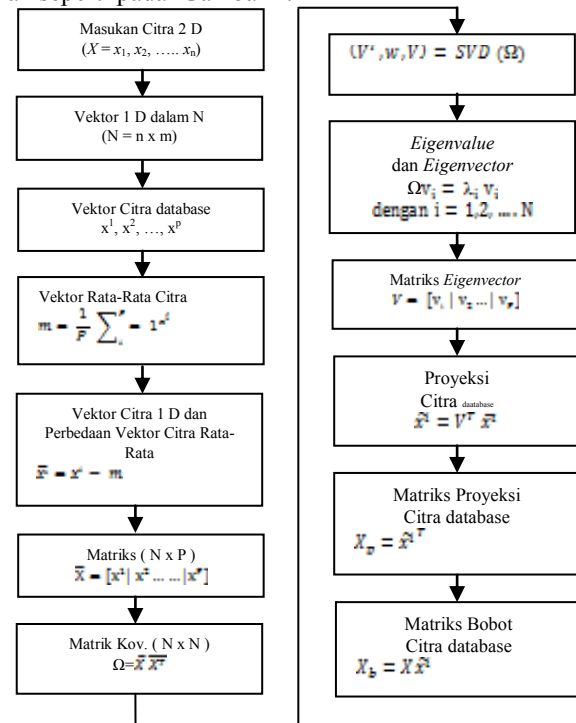
Pada tahapan segmentasi ini, citra dari karakter-karakter plat nomor akan dipisahkan dari keseluruhan citra mobil beserta *backgroundnya*. Algoritma yang digunakan dalam tahap ini adalah seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Segmentasi Karakter Plat Nomor

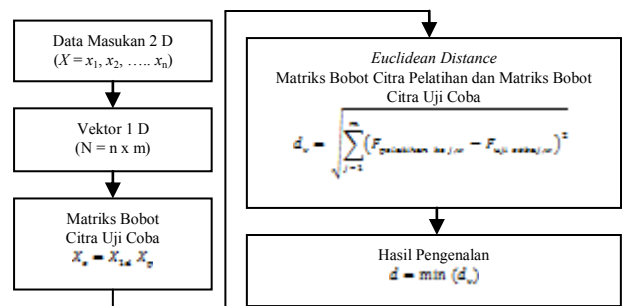
Pada penelitian tugas akhir ini digunakan metode *PCA* (*Principle Component Analysis*). Metode ini pada dasarnya adalah mereduksi citra menjadi vektor ciri. Sehingga informasi yang disimpan hanya sedikit namun dapat merekonstruksi kembali bagian penting dari citra dengan proporsi yang tepat. Kumpulan citra karakter diambil dan kemudian disimpan ke dalam suatu pola vektor yang disebut

eigenvector. Pola didapat dengan mengkombinasikan *eigenvector* dengan citra yang sesungguhnya [7]. Algoritma *PCA* yang digunakan pada citra *database* dan pengujian adalah seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Algoritma PCA Citra Pelatihan [7]

Matriks bobot citra pelatihan yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan matriks bobot citra uji coba melalui *Euclidean distance* seperti pada Gambar 5 berikut.

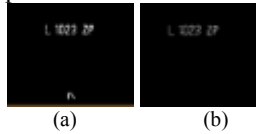


Gambar 5. Diagram Algoritma Pengenalan Citra Uji Coba terhadap Citra Pelatihan [7]

IV. HASIL PENELITIAN

Segmentasi plat nomor merupakan salah satu bagian yang penting dalam proses pengenalan karakter plat nomor. Pada tahap segmentasi ini, digunakan tahap preprocessing citra uji berupa *smoothing* dan *sharpness*. Setelah kedua langkah tersebut dilakukan, maka citra di-*threshold* atau dijadikan citra hitam-putih kemudian di hapus piksel-piksel putih yang melekat pada bingkai. Tahap selanjutnya, citra dilabelkan dan diekstraksi atau diseleksi label-label yang memenuhi *range* nilai tinggi, lebar dan luas karakter plat mobil. Citra hasil seleksi, kemudian di *resize* sehingga berukuran 100x100, untuk mendapatkan hasil segmentasi yang baik untuk proses pengenalan selanjutnya.

Hasil dari proses ekstraksi karakter plat nomor, tidak selalu berhasil 100%. Terdapat beberapa kegagalan ekstraksi karena bagian dari *background* ikut terekstraksi bersama karakter plat. Gambar dibawah menunjukkan citra yang gagal dan berhasil dalam proses ekstraksi ini.



Gambar 6. (a) Gagal Ekstraksi (b) Berhasil Ekstraksi

Citra yang gagal dalam proses ekstraksi harus kembali pada tahap *preprocessing*. Dalam hal ini citra harus diproses dengan parameter *smoothing*, *sharpness* ataupun *thresholding* tertentu kembali untuk memenuhi keberhasilan ekstraksi. Sedangkan citra yang berhasil diekstraksi akan diproses pada tahap selanjutnya.

Tahap *resizing* merupakan tahap akhir dari proses segmentasi plat nomor. Pada tahap ini, hasil ekstraksi plat nomor yang berhasil, akan dipisahkan dan di-*resize*. Tahap ini bertujuan untuk memudahkan tahap pengenalan, karena pada tahap pengenalan karakter dengan metode PCA, tiap karakter yang tersegmentasi akan dicocokkan cirinya dengan *database* karakter yang ada. Pada tahap *resizing*, tiap karakter diolah dengan diambil masing-masing karakter dan *resize* satu per satu menjadi ukuran 100x00 piksel persegi. Berikut adalah hasil *resizing* dalam tahap ini.



Gambar 7. Hasil Segmentasi Plat Nomor

Gambar di atas menunjukkan hasil segmentasi plat nomor dari salah satu citra uji. Terlihat pada gambar tersebut hasil *resizing* menjadi 100x100 untuk setiap karakter. Hasil *resizing* dapat dilihat dari jarak yang sama antar karakter dari pusat masing-masing karakter.

Pada penelitian tugas akhir ini, 600 citra digunakan sebagai citra uji. Citra diambil dari 5 mobil dengan berbagai posisi. Masing-masing citra mobil berjumlah 120. Dari 600 citra uji tersebut, dalam pengolahannya dibagi menjadi 4 jarak (1,2,3 dan 4m), sehingga setiap jarak mempunyai 150 citra uji. Setiap jarak terdapat 5 buah posisi sudut dengan 6 variasi ketinggian.

Tabel 2. Hasil Uji Segmentasi Jarak 1 m

Tingkat Keberhasilan Segmentasi Jarak 1 m (%)					
Sudut (°) \ Tinggi (cm)	30	15	0	-15	-30
25	100	100	100	100	100
50	100	100	100	100	100
75	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100
125	100	100	100	100	100
150	80	100	100	80	80

Hasil uji segmentasi pada Tabel 2 menunjukkan, bahwa pada jarak 1 m dengan semua posisi dan ketinggian hampir seluruhnya berhasil disegmentasi (100%). Terlihat pada ketinggian 150 cm, uji segmentasi memiliki hasil 80% pada 3 jenis posisi sudut. Sedangkan untuk sudut dengan hasil uji yang baik rbaik adalah pada sudut 15° dan 0°.

Tabel 3. Hasil Uji Segmentasi Jarak 2 m

Tingkat Keberhasilan Segmentasi Jarak 2 m (%)					
Sudut (°) \ Tinggi (cm)	30	15	0	-15	-30
25	80	100	100	80	60
50	100	100	100	100	100
75	100	100	100	100	100
100	80	100	100	100	80
125	100	100	100	100	80
150	80	100	100	100	80

Pada tabel 3 di atas, menunjukkan hasil uji segmentasi pada jarak 2 m. Dari 30 posisi yang ada, terdapat 7 posisi yang menunjukkan hasil 80% dalam uji segmentasi pada jarak 2m. Hasil ini tidak lebih baik dari hasil uji segmentasi pada jarak 1 m yang terdapat 3 posisi dengan hasil 80%. Apabila meninjau dari segi sudut, maka posisi sudut dengan hasil yang baik adalah pada posisi 15° dan 0°, yaitu posisi 100% berhasil tersegmentasi. Sedangkan jika meninjau dari segi ketinggian, maka ketinggian yang mempunyai tingkat keberhasilan pengujian secara total rata-rata sebesar 100% adalah pada 50cm dan 75cm.

Tabel 4. Hasil Uji Segmentasi Jarak 3 m

Tingkat Keberhasilan Segmentasi Jarak 3 m (%)					
Sudut (°) \ Tinggi (cm)	30	15	0	-15	-30
25	80	60	80	40	60
50	80	100	80	60	60
75	80	80	80	40	60
100	80	60	100	40	20
125	100	60	100	80	60
150	60	60	60	80	20

Berdasarkan pada Tabel 4 di atas, hasil uji segmentasi pada jarak 3 m cukup terdapat penurunan. Dari 30 posisi yang ada, ada 4 posisi yang berhasil 100% tersegmentasi. Terlihat untuk segi ketinggian hasil yang baik adalah pada ketinggian 125cm. Sedangkan untuk segi sudut, yang baik adalah pada sudut 0°.

Tabel 5. Hasil Uji Segmentasi Jarak 4 m

Tingkat Keberhasilan Segmentasi Jarak 4 m (%)					
Sudut (°) \ Tinggi (cm)	30	15	0	-15	-30
25	20	40	0	60	20
50	40	20	60	20	40
75	40	40	20	60	20
100	40	60	60	40	20
125	20	60	40	40	20
150	40	40	80	40	40

Pada Tabel 5 untuk jarak 4m, terdapat 6 posisi yang memiliki hasil uji 60% dan 1 posisi dengan hasil uji 80%. Sedangkan untuk 23 posisi lainnya menunjukkan hasil di bawah 60%. Ketinggian yang baik, berdasarkan hasil di atas adalah 150cm diikuti ketinggian 100m. Sedangkan posisi sudut yang baik adalah pada sudut -15°, 0° dan 15°.

Dengan melihat seluruh hasil uji segmentasi pada jarak 1m, 2m, 3m, dan 4m, hasil yang cukup baik adalah pada jarak 1m dan 2m untuk semua posisi. Keberhasilan segmentasi pada kedua jarak, hampir seluruhnya mencapai 100%. Dan beberapa posisi yang tidak mencapai 100% merupakan posisi pada daerah terluar dari batas wilayah pengambilan citra uji. Sedangkan untuk jarak 3m, sudah cukup terdapat penurunan hasil uji. Terlihat pada Tabel 4.4 bahwa kebanyakan hasil uji berkisar pada nilai 60% dan 80%. Hasil tersebut jauh berbeda dengan jarak 4m dengan hasil uji yang berkisar pada nilai 20% dan 40%. Posisi sudut yang baik untuk pengujian adalah 0° dan diikuti posisi yang semakin melebar. Sedangkan untuk ketinggian yang cukup stabil adalah 50-125cm. Hasil uji segmentasi yang kurang berhasil tersebut dikarenakan terdapatnya bagian-bagian *background* dari citra yang ikut tersegmentasi. Hal itu terjadi karena bagian-bagian *background* tersebut memiliki dimensi yang berkisar pada dimensi karakter plat. Bagian-bagian tersebut merupakan hasil pelabelan pada citra hitam-putih yang menunjukkan bagian-bagian yang terhubung satu sama lain.

4.2 Pengenalan Karakter Plat Nomor

Tahap pengenalan karakter adalah tahapan setelah segmentasi karakter. Dalam pengenalan karakter plat nomor, metode yang digunakan adalah metode *Principal Component Analysis (PCA)*. Dalam metode ini, karakter yang diujikan dicocokkan cirinya dengan *database*. Yang digunakan sebagai ciri dalam pencocokan adalah nilai eigen dari matriks citra *database* dan citra uji. Pencocokan dilakukan dan diambil hasilyang paling mirip atau nilai citri yangterdekat denganinput citra yang diujikan. Output dari tahappengenalan ini adalah keluarnya karakter pada edit text dalam GUI MATLAB yang sesuai dengan hasil pencocokan. Dalam tahap pengenalan ini terdapat citra yang berhasil dikenali dan tidak dikenali karakternya. Pengujian dari tahap pengenalan merupakan kelanjutan dari segmentasi plat nomor. Sehingga semua parameter pengujian adalah sama dengan parameter dalam pengujian tahap segmentasi. Berikut adalah hasil pengenalan plat nomor dengan menggunakan metode PCA.



Gambar 8. Hasil Pengenalan yang Berhasil

Pada gambar 8 terlihat bahwa karakter plat nomor berhasil dikenali. Hal tersebut menunjukkan bahwa citra uji dengan *database* yang ada adalah cocok, sehingga mengeluarkan hasil yang sama. Mobil dengan plat nomor L1023ZP berhasil dikenali secara baik. Hal tersebut terlihat dari display edit text yang menunjukkan hasil pengenalan dengan metode PCA. Dengan metode PCA, setiap karakter yang diujikan akan dicocokkan dengan *database*. Pencocokan citra karakter dilakukan dengan menggunakan nilai eigen dari

masing-masing citra karakter tersebut. Hasil pencocokan tidak selalu berhasil sempurna. Terdapat ketidakberhasilan dalam pengenalan seperti pada gambar di bawah.



Gambar 9. Hasil Pengenalan yang Tidak Berhasil

Pada gambar 10 terlihat bahwa citra karakter yang diujikan tidak dapat dikenali. Kegagalan pengenalan disebabkan ciri yang paling dekat dengan karakter yang diujikan lebih dekat dengan karakter yang lain pada *database*. Berikut adalah hasil akurasi 600 citra uji pada tiap jarak dan sudut dan dalam berbagai variasi ketinggian.

Tabel 6. Hasil Uji Pengenalan Plat Nomor Jarak 1m

Tingkat Pengenalan Jarak 1 m (%)					
Sudut (°) \ Tinggi (cm)	30	15	0	-15	-30
25	100	100	100	80	60
50	100	100	100	100	100
75	60	80	100	100	100
100	80	80	100	80	80
125	60	60	100	100	60
150	20	80	80	40	40

Hasil uji pengenalan pada jarak 1m, menunjukkan hasil yang baik yaitu 14 posisi dengan nilai sempurna yaitu 100%. Terlihat juga bahwa terdapat 8 posisi dengan hasil 80% dan sisanya derkisar pada hasil 20%, 40% dan 60%. Pada ketinggian 150 cm untuk semua posisi sudut, menunjukkan hasil yang kurang berhasil. Sedangkan untuk ketinggian 50cm, mencapai nilai 100%. Posisi 0° merupakan sudut dengan hasil yang baik.

Tabel 7. Hasil Uji Pengenalan Plat Nomor Jarak 2m

Tingkat Pengenalan Jarak 2 m (%)					
Sudut (°) \ Tinggi (cm)	30	15	0	-15	-30
25	40	80	80	40	40
50	40	80	60	40	40
75	40	60	80	60	40
100	40	60	60	60	60
125	40	80	80	60	40
150	60	80	100	40	40

Pada Pada jarak 2 m, hasil uji pengenalan mengalami penurunan jika dibandingkan dengan hasil pengujian pada jarak 1m. Hal tersebut terlihat dari sedikitnya hasil uji yang mencapai 100%. Terdapat 1 posisi yang mampu mencapai nilai tersebut. Dilihat dari segi ketinggian, hasil yang cukup baik

adalah pada ketinggian 150cm. Sedangkan untuk posisi sudut dengan hasil uji yang baik adalah pada 0°.

Tabel 8. Hasil Uji Pengenalan Plat Nomor Jarak 3m

Tingkat Pengenalan Jarak 3 m (%)					
Sudut (°) \ Tinggi (cm)	30	15	0	-15	-30
25	20	40	40	20	20
50	40	80	40	40	20
75	0	40	40	20	40
100	20	20	60	0	0
125	20	0	60	20	20
150	0	20	40	20	0

Tabel 8 menunjukkan hasil uji pengenalan pada jarak 3m. Pada jarak ini hanya terdapat 1 posisi dengan hasil yang mencapai 80%. Ketinggian yang menghasilkan pengujian yang cukup bagus adalah pada 50 cm. Sedangkan posisi sudut dengan hasil uji yang cukup baik adalah pada 0°.

Tabel 9. Hasil Uji Pengenalan Plat Nomor Jarak 4m

Tingkat Pengenalan Jarak 4 m (%)					
Sudut (°) \ Tinggi (cm)	30	15	0	-15	-30
25	0	20	0	20	0
50	0	20	60	0	0
75	20	40	0	40	0
100	20	20	40	40	0
125	0	0	20	20	0
150	0	0	60	20	0

Pada jarak 4m, pengenalan plat nomor sudah sangat rendah hasilnya. Tidak ada posisi yang menghasilkan pengenalan 100% dalam jarak 4m ini.

Berdasarkan keseluruhan hasil uji pengenalan mulai dari jarak 1m hingga 4m dengan berbagai variasi sudut dan ketinggian, maka terdapat penurunan hasil pengenalan. Semakin dekat jarak pengujian, akan menghasilkan nilai akurasi yang semakin baik. Begitu juga untuk posisi sudut. Sudut 0° adalah sudut yang baik. Semakin melebar posisi sudutnya, hasil pengenalan akan semakin menurun. Untuk variasi ketinggian, hasil yang cukup stabil terlihat pada ketinggian 25-125cm. Hasil pengenalan yang kurang berhasil dikarenakan ciri yang direpresentasikan dari nilai eigen antar database dengan citra yang diujikan tidak menunjukkan hasil yang mirip, akan tetapi lebih mirip dengan karakter lainnya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada bagian sebelumnya dan dengan meninjau permasalahan, batasan masalah, serta tujuan maka didapatkan kesimpulan dari penelitian tugas akhir ini, yaitu:

- Metode *Principal Component Analysis (PCA)* dapat digunakan sebagai metode pengenalan dalam membuat sistem pengenalan plat nomor kendaraan.
- Dalam tahap segmentasi, metode *labeling* terbukti cukup baik dalam melakukan pemisahan citra karakter plat nomor dengan *background* yang ada.

- Dari hasil analisis data menunjukkan sistem pengenalan plat nomor kendaraan dalam tugas akhir ini memiliki kemampuan segmentasi yang baik pada jarak 1 sampai 2 m, sudut 30°, 15°, 0°, -15°, -30° serta ketinggian 25-150cm. Sedangkan untuk kemampuan pengenalan yang baik terlihat pada jarak 1m.

- Sistem pengenalan plat nomor kendaraan ini mampu diaplikasikan dengan kondisi optimal pada jarak 1 m, sudut antara -15° sampai 15° dan ketinggian 25-100cm dengan tingkat keterkenalan 80%-100%.

Saran untuk pengembangan penelitian ini adalah menambahkan algoritma lain yang memberikan ciri tambahan sebagai karakter. Selain itu saran lainnya adalah memperbarui database dengan menambah atau menyeleksi database sesuai dengan citra karakter plat nomor pada umumnya, sehingga pengenalan karakter dengan metode PCA dapat dilakukan lebih baik lagi.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hung, Kuo-Ming. dan Hsieh, Ching-Tang. 2010. "A Real-Time Mobile Vehicle License Plate Detection and Recognition". *Tamkang Journal of Science and Engineering* 13, 4:433-442.
- [2] Rashid, M. M., Musa, A., Rahman, M. Ataur., dan Farhana, N., A. Farhana. April 2012. "Automatic Parking Management System and Parking Fee Collection Based on Number Plate Recognition". *International Journal of Machine Learning and Computing* 2, 2:93-98
- [3] Rafael, C., Gonzales, dan Woods, Richard E. 1992. *Digital Image Processing*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- [4] Rafael, C., Gonzales, dan Woods, Richard E. 2008. *Digital Image Processing*. Pearson: Prentice Hall.
- [5] Prasetyo, Eko. 2011. *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi.
- [6] Kumar, Tarun, dan Verma, Karun. September 2010. "A Theory Based on Conversion of RGBImage to Gray Image". *International Journal of Computer Applications* 7, 2: 7-10.
- [7] Rizal, Fatchur. 2012. *Application of Principal Component Analysis for Online Fingerprint Recognition*. Halaman 11-15.
- [8] Wahyudi, Syahrul, dan Amia, Fitri. 2012. "Identifikasi Plat Kendaraan Menggunakan Metode Band Limited Phase Only Correlation (BLPOC)". *KITEKTRO e-ISSN: 2252-7036* 1, 1: 41-49