

**PENGENALAN POLA RAMBU LALU LINTAS
MENGUNAKAN ALGORITMA *PRINCIPAL COMPONENT
ANALYSIS* DAN *HISTOGRAM OF ORIENTED GRADIENT*
SEBAGAI EKSTRAKSI FITUR CITRA**

Skripsi

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Mencapai Derajat Sarjana S-1

Program Studi Teknik Informatika



Diajukan Oleh :

Tontowi Prasetyo
(NIM 13650050)

Kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : B-2994/Un.02/DST/PP.05.3/12/2018

Skrripsi/Tugas Akhir dengan judul : Pengenalan Pola Rambu Lalu Lintas Menggunakan Algoritma *Principal Component Analysis* dan *Histogram Of Oriented Gradient* sebagai Extraksi Fitur Citra

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Tontowi Prasetyo
NIM : 13650050
Telah dimunaqasyahkan pada : 12 September 2018
Nilai Munaqasyah : A-
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Dr. Shofwatul 'Uyun, M.Kom
NIP. 19820511 200604 2 002

Penguji I

Maria Ulfah Siregar, M.IT. Ph.D
NIP.19780106 200212 2 001

Penguji II

Sumarsono, M. Kom
NIP.19710209 200501 1 003

Yogyakarta, 07 Desember 2018
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Bekas



Dr. M. L. S. W. M. Si
NIP. 1991212 200003 1 001



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Permohonan

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Tontowi Prasetyo

NIM : 13650050

Judul Skripsi : Pengenalan Rambu Lalu Lintas Menggunakan Algoritma Principal Component Analysis dan Histogram of Oriented Gradient Sebagai Ekstraksi Fitur Citra

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Teknik Informatika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 21 Agustus 2018

Pembimbing

Dr. Shofwatul Uyun, S.T., M.Kom.

NIP. 19820511 200604 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tontowi Prasetyo
NIM : 13650050
Program Studi : Teknik Informatika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul **“Pengenalan Pola Rambu Lalu Lintas Menggunakan Algoritma *Principal Component Analysis* Dan *Histogram of Oriented Gradient* Sebagai Ekstraksi Fitur Citra”** bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi. Dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain. Kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 6 Desember 2018

Yang menyatakan,



Tontowi Prasetyo

NIM 13650050

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayan serta pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pengenalan Rambu Lalu Lintas menggunakan Algoritma Principal Component Analysis dan Histogram of Oriented Gradient* sebagai salah satu syarat mencapai gelar sarjana program studi Teknik Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Dan sholawat serta salam penulis haturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta seluruh keluarga, sahabat, tabi'in, tabi'ut tabi'in dan sambung menyambung hingga akhir zaman. Penlulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karen itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan laporan ini di masa yang akan datang.

Tak lupa, rasa terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian laporan ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Prof. Drs. KH. Yudian Wahyudi, Ph.D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

2. Bapak Dr. Murtono, M.Si., Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Bambang Sugiantoro, M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Bapak M. Didik R. Wahyudi, M.Kom., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Ibu Dr. Shofwatul Uyun, S.T., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing Skripsi yang telah membimbing, memberikan masukan, saran dan koreksi kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, terimakasih atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan.
7. Almarhum Ayahanda Pristono dan Ibunda Suprapti tercinta, atas segala perhatian dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis
8. Sahabat serta karib Teknik Informatika yang turut menjadi motivator dan penyemangat bagi penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala syukur yang penulis haturkan ke hadirat Allah atas segala nikmat dan rahmat-Nya. Serta ucapan terimakasih kepada pihak yang telah banyak membantu. Skripsi ini penulis persembahkan kepada :

1. Almarhum Ayahanda tercinta, Bapak Pristiono, yang berpulang ke hadirat-Nya di tengah penulisan dan penelitian ini. Terimakasih atas dukungan yang luar biasa besar dari beliau.
2. Ibunda tersayang, Ibu Suprapti yang dengan segala kesabarannya memberikan dukungan kepada penulis.
3. Kakak dan Adik, Rofiqi Aprisma Putra dan Azzahra Pristiyanti Putri, sebagai penyemangat penulis untuk segera menyelesaikan skripsinya.
4. Seluruh dosen dan staff program studi Teknik Informatika yang telah memberikan ilmunya kepada penulis
5. Seluruh rekan-rekan di program studi Teknik Informatika, LDK UIN Sunan Kalijaga, Asrama Daarul Hikmah, Alheksa, KKN 90 Kalibuko 2, serta rekan-rekan seluruhnya. Terimakasih.

HALAMAN MOTTO

*Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan),
tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)*

QS. Al Insyirah 7

*No thief, however skillful, can rob the knowledge. That's why
knowledge is the best and safest treasure to acquire*

- L. Frank Baum

DAFTAR ISI

COVER.....	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN MOTTO.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori.....	11
2.2.1 Pengenalan Pola.....	11

2.2.2 <i>Preprocessing</i>	16
2.2.3 Ekstraksi Fitur.....	26
2.2.4 Jaringan Syaraf Tiruan.....	33
2.2.5 Rambu Lalu Lintas.....	42
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	44
3.1 Studi Pendahuluan.....	44
3.2 Pengumpulan Data.....	44
3.3 Analisis Kebutuhan Sistem.....	45
3.4 Tahap Penelitian.....	46
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1 Pendahuluan.....	49
4.2 Persiapan Data.....	53
4.3 <i>Preprocessing</i>	54
4.4 Ekstraksi Fitur.....	58
4.5 Pelatihan.....	63
4.6 Hasil Pengujian.....	69
4.7 Aplikasi.....	73
BAB V PENUTUP.....	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	78
LAMPIRAN A PENGUMPULAN GAMBAR.....	79
LAMPIRAN B SOURCE CODE PROGRAM.....	86
LAMPIRAN C HASIL PELATIHAN.....	90
LAMPIRAN D HASIL PENGUJIAN.....	104

DAFTAR GAMBAR

2.1 Pengenalan pola statistik.....	13
2.2 Pengenalan pola sintatik.....	15
2.3 Proses ekstraksi dalam pengenalan pola sintatik	16
2.6 Citra biner.....	19
2.5 Window citra untuk Non maximum supression	24
2.6 Contoh citra 5x5 pixel.....	25
2.7 Matriks window.....	26
2.8 Cell Pada Citra.....	31
2.9 Bin pada Histogram of Oriented Gradient.....	32
2.10 Gradient Pada HOG.....	32
2.11 Perceptron.....	35
2.12 Multilayer Perceptron.....	36
3.1 Alur Penelitian.....	46
4.1 Skema Penelitian.....	49
4.2 Jenis rambu lalu lintas.....	53
4.3 Hasil pemisahan objek dengan background.....	53
4.4 Hasil Pelatihan.....	66
4.5 Hasil Pengujian.....	70
4.6 Input data dalam aplikasi.....	74
4.7 Penentuan parameter latih.....	75
4.5 Pengujian dalam aplikasi.....	76

DAFTAR TABEL

2.1 Ringkasan Penelitian.....	9
4.1 Skenario Pelatihan dan Pengujian	50
4.2 Perbandingan hasil Prapengolahan.....	57
4.3 Skenario prapengolahan.....	63
4.4 Skenario ekstraksi fitur.....	64
4.5 Skenario hidden layer.....	64
4.6 Hasil Pelatihan.....	65
4.7 Hasil Pengujian.....	70



Pengenalan Rambu Lalu Lintas Menggunakan Algoritma Principal Component Analysis dan Histogram of Oriented Gradient sebagai Ekstraksi Fitur Citra

Tontowi Prasetyo

NIM. 13650050

INTISARI

Penelitian tentang pengenalan rambu lalu lintas baru dimulai belakangan ini seiring dengan semakin populernya sistem kendaraan cerdas. Pengenalan rambu lalu lintas mempunyai tantangan tersendiri yang mencakup pra pengolahan, ekstraksi fitur, dan proses deteksi dan klasifikasi. Selain itu, kondisi rambu ketika citra diambil seperti kondisi pencahayaan dan kejernihan citra juga dapat mempengaruhi proses klasifikasi. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menunjang sistem asisten pengemudi dan mobil cerdas.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses pengenalan rambu lalu lintas menggunakan algoritma *Principal Component Analysis* dan *Histogram of Oriented Gradient* sebagai ekstraksi fiturnya. Parameter-parameter lain dalam proses pengenalan juga dipergunakan seperti pra pengolahan dan klasifikasi

menggunakan jaringan syaraf tiruan. Skenario pengujian meliputi tiga parameter kombinasi pra pengolahan diantaranya : parameter pertama - *Median Blur, Grayscale, Histogram Equalization, Biner, dan Canny*; parameter kedua - *Grayscale, Histogram Equalization, Biner, dan Canny*; serta parameter ketiga tanpa menggunakan pra pengolahan. Sedangkan, untuk struktur jaringan syaraf tiruan menggunakan empat parameter hidden layer : 10, 50, 100, dan 150.

Proses pelatihan dilakukan dengan mengkombinasikan skenario yang telah ditetapkan. Hasil pelatihan dikelompokkan menjadi dua bagian besar berdasarkan ekstraksi fiturnya. Algoritma *Histogram of Oriented Gradient* memiliki akurasi yang cukup tinggi dibandingkan algoritma *Principal Component Analysis* dengan akurasi maksimum 100%. Sedangkan algoritma *Principal Component Analysis* memiliki akurasi maksimum 79.38%. Pada proses pengujian, algoritma *Histogram of Oriented Gradient* memiliki akurasi 80.84%, sedangkan algoritma *Principal Component Analysis* hanya memiliki akurasi tertinggi 23.79%.

Kata Kunci : *Principal Component Analysis, Histogram of Oriented Gradient, Pengenalan Pola, Rambu lalu lintas, Jaringan Syaraf Tiruan.*



TRAFFIC SIGN RECOGNITION USING PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS AND HISTOGRAM OF ORIENTED GRADIENT AS FEATURE EXTRACTION

Tontowi Prasetyo

NIM. 13650050

ABSTRACT

Research on the traffic sign recognition begin recently in line with the growing popularity of intelligent vehicle systems. Traffic sign recognition has its own challenges which include pre-processing, feature extraction, also detection and classification processes. In addition, the condition of signs when images are taken such as lighting conditions and image clarity can also affect the classification process. The purpose of conducting this research is to support the system of smart driver and car assistants.

This research aims to analyze the process of introducing traffic signs using the Principal Component Analysis algorithm and Histogram of Oriented Gradient as feature extraction. Other parameters in the introduction process are also used, such as pre-processing and classification using artificial neural networks.

The testing scenario includes three pre-processing parameters including: first parameter - Median Blur, Grayscale, Histogram Equalization, Binary, and Canny; second parameter - Grayscale, Histogram Equalization, Binary, and Canny; and the third parameter is using no pre-processing. Whereas, for neural network structure using four hidden layer parameters: 10, 50, 100, and 150.

The training process is carried out by combining predetermined scenarios. The training results are grouped into two major parts based on feature extraction. The Histogram of Oriented Gradient Algorithm has a high accuracy compared to the Principal Component Analysis algorithm with a maximum accuracy of 100%. While the Principal Component Analysis algorithm has a maximum accuracy of 79.38%. In the testing process, the Histogram of Oriented Gradient algorithm has an accuracy of 80.84%, while the Principal Component Analysis algorithm only has the highest accuracy of 23.79%.

Kata Kunci : Principal Component Analysis, Histogram of Oriented Gradient, Pattern Recognition, Traffic Sign, Artificial Neural Network.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rambu lalu lintas merupakan bagian dari perlengkapan jalan yang memuat lambang, angka, huruf, atau perpaduan diantaranya yang memberikan peringatan, perintah, atau larangan bagi pengendara. Rambu lalu lintas biasanya terletak pada jalur yang sama dengan pengendara atau tempat yang mudah dilihat bagi pengendara. Selain itu, rambu lalu lintas memiliki warna yang mencolok seperti merah atau kuning sehingga juga mudah diketahui oleh pengendara.

Pada dasarnya, penelitian pengenalan rambu lalu lintas baru dimulai belakangan ini dan berkembang cukup signifikan. Hal ini ditunjang oleh perangkat visual yang semakin baik, sistem komputer yang semakin cepat dan berkembangnya algoritma-algoritma yang membantu sistem untuk mendeteksi dan mengenali rambu lalu lintas. Meskipun begitu, pengenalan rambu lalu lintas memiliki beberapa tantangan yang harus diselesaikan bagi para peneliti untuk menyempurnakan sistemnya. Sampel dari citra rambu yang diambil saat mobil berjalan dengan kecepatan tinggi sering kali tidak jernih dan jelas. Selain itu, kondisi dari lingkungan juga berpengaruh terhadap pengenalan rambu lalu lintas. Citra yang terlalu terang dengan citra yang terlalu redup

akan berpengaruh ketika proses *recognition* sehingga perlu adanya data yang beragam dari setiap kondisi yang diterima oleh komputer.

Dalam penerapannya, sistem pengenalan rambu lintas digunakan untuk menunjang sistem asisten pengemudi (*Driver Support System*) agar pengemudi menyadari keberadaan rambu lalu lintas yang mungkin saja telah dia lewati. Selain itu, sistem ini juga dapat menunjang pengetahuan dari sistem mobil autonom dimana rambu lalu lintas akan menyediakan pengetahuan tentang berapa kecepatan seharusnya yang dijalankan mobil dan juga menjadi parameter lain sebagai penunjang keputusan sistem mobil autonom tersebut. Meskipun begitu, sistem ini tak menjadi parameter utama dalam membangun sebuah mobil autonom.

Untuk membangun sistem pengenalan rambu ini, terdapat tiga bagian utama. Bagian pertama adalah pra pengolahan citra yang digunakan untuk mengubah citra asli sehingga proses kalkulasi semakin efisien. Bagian ini menggunakan 5 algoritma pra pengolahan yang akan dibandingkan dalam tiga kelompok kombinasi kelima algoritma tersebut. Bagian kedua adalah proses ekstraksi ciri atau ekstraksi fitur yang digunakan sebagai pencarian fitur-fitur utama dalam citra sehingga citra yang sejenis akan mendapati fitur yang sejenis pula. Algoritma yang akan digunakan adalah *Principal Component Analysis* dan *Histogram of Oriented Gradient*. Bagian ketiga adalah proses klasifikasi yang digunakan untuk melatih komputer dengan fitur yang telah

diekstrak pada setiap citra agar kemudian dapat mengenali citra. Dalam proses klasifikasi, sebanyak lima jenis rambu lalu lintas akan diujikan diklasifikasikan untuk membandingkan algoritma ekstraksi mana yang lebih baik.

Algoritma *Principal Component Analysis* dan *Histogram of Oriented Gradient* dipilih sebagai ekstraksi fitur dalam pengenalan rambu lalu lintas. Sebelumnya, algoritma *Principal Component Analysis* berhasil mengenali citra wajah dengan baik. Citra wajah dan rambu lalu lintas yang memiliki karakteristik serupa menjadikan alasan bagi peneliti untuk menggunakan algoritma ini. Sedangkan algoritma *Histogram of Oriented Gradient* yang menggunakan histogram dari gradien suatu citra dianggap mampu untuk mengekstraksi informasi yang terdapat dalam citra dengan baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan di atas, dapat diambil permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil ekstraksi fitur *Principal Component Analysis* dan *Histogram of Oriented Gradient* terhadap proses pengenalan rambu lalu lintas?
2. Bagaimana perbandingan kecepatan latih dan keakuratan dalam pengenalan rambu menggunakan *Principal Component Analysis* dan *Histogram of Oriented Gradient*?

3. Bagaimana pengaruh hasil pengolahan citra terhadap pengenalan rambu lalu lintas menggunakan algoritma *Principal Component Analysis* dan *Histogram of Oriented Gradient*?
4. Bagaimana pengaruh lapisan tersembunyi dalam struktur jaringan syaraf tiruan terhadap pengenalan rambu lalu lintas?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak melakukan pendeteksian rambu lalu lintas
2. Menggunakan *dataset* rambu lalu lintas yang diambil dari internet
3. Penelitian ini membatasi proses klasifikasi sebanyak 5 jenis rambu.
4. Penelitian ini menggunakan 5 algoritma pra pengolahan yang dikelompokkan menjadi 3 kombinasi algoritma
5. Penelitian ini membandingkan dua algoritma ekstraksi fitur yaitu *Principal Component Analysis* dan *Histogram of Oriented Gradient*
6. Klasifikasi menggunakan algoritma *backpropagation* pada jaringan syaraf tiruan dan hanya menganalisa pengaruh lapisan tersembunyi (*hidden layer*)
7. Penelitian ini menggunakan jenis citra *JPEG*

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengevaluasi hasil pengenalan rambu lalu lintas menggunakan ekstraksi fitur *Principal Component Analysis* dan *Histogram of Oriented Gradient*.
2. Mengetahui perbedaan perbandingan algoritma *Principal Component Analysis* dan *Histogram of Oriented Gradient*.
3. Mengevaluasi pengaruh pengolahan citra terhadap proses pengenalan rambu lalu lintas menggunakan algoritma *Principal Component Analysis* dan *Histogram of Oriented Gradient*.
4. Menganalisis pengaruh lapisan tersembunyi dalam struktur jaringan syaraf tiruan terhadap akurasi pengenalan rambu lalu lintas.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu mengenali algoritma yang ideal bagi pengenalan objek khususnya pengenalan rambu lalu lintas.

Pengenalan objek di dalam sistem mobil autonom membutuhkan kecepatan dan ketepatan dalam perhitungan, maka diharapkan penelitian ini dapat membantu menemukan algoritma yang sesuai untuk pengenalan objek, khususnya pengenalan rambu lalu lintas.

1.6 Keaslian Penelitian

Penelitian tentang pengenalan rambu lalu lintas menggunakan algoritma *Principal Component Analysis* dan *Histogram of Oriented Gradient* sejauh pengetahuan penulis belum pernah dilakukan sebelumnya. Adapun sejauh ini, penelitian menggunakan algoritma tersebut baru sebatas dilakukan pada objek wajah dan manusia. Untuk pengenalan rambu lalu lintas, perbedaan penelitian terdapat pada proses *preprocessing*, dan struktur jaringan syaraf tiruan.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari eksperimen yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Ekstraksi fitur *Histogram of Oriented Gradient* mempunyai akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan ekstraksi fitur *Principal Component Analysis*. Akurasi pengujian dari ekstraksi fitur *Histogram of Oriented Gradient* mencapai 80.84% sedangkan menggunakan algoritma *Principal Component Analysis* hanya berkisar 23.79%
2. Kecapatan pelatihan dengan menggunakan ekstraksi fitur *Histogram of Oriented Gradient* juga cenderung lebih cepat dibandingkan dengan *Principal Component Analysis*. Pelatihan algoritma *Histogram of Oriented Gradient* memiliki rata-rata kecepatan 3.58 detik untuk pengkategorian 5 kelas. Sedangkan waktu pelatihan menggunakan *Principal Component Analysis* adalah 8.52 detik.
3. Pada proses pengujian pengenalan rambu lalu lintas menggunakan algoritma *Histogram of Oriented Gradient*, pra pemrosesan cenderung lebih baik ketika menggunakan skenario pertama (*Median blur, grayscale, histogram*

equalization, biner dan canny). Namun, ketika diuji tanpa pra pemrosesan, algoritma ini juga menunjukkan hasil yang cukup baik. Pada algoritma *Principal Component Analysis*, pra pemrosesan skenario kedua (*grayscale, histogram equalization, biner dan canny*).

4. Pada jumlah lapisan tersembunyi dalam struktur jaringan syaraf tiruan, algoritma *Histogram of Oriented Gradient* cenderung baik jika kurang dari 50 namun menurun ketika lapisan tersembunyi berjumlah lebih dari 100. Untuk algoritma *Principal Component Analysis*, jumlah lapisan tersembunyi tidak banyak mempengaruhi akurasi yang baik.

5.2 Saran

Penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan. Masih luasnya objek penelitian memberikan kesempatan dan peluang bagi peneliti untuk melakukan penelitian dan menemukan keilmuan baru di bidang pengenalan pola. Untuk itu peneliti menyarankan lebih lanjut dengan melakukan beberapa pengembangan seperti berikut:

1. Menambah jumlah kategori atau kelas untuk memperkaya data pelatihan dan pengujian.
2. Memperdalam penelitian di bidang pengolahan citra atau *preprocessing*. Hal ini dikarenakan keadaan citra yang beragam dapat membuat akurasi semakin berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anif, M. et. al (2013). *Pengembangan Aplikasi Text Recognition dengan Klasifikasi Neural Network pada Huruf Hijaiyah Gundul*. Universitas Budi Luhur.
- Bishop, Christopher M. (1995). *Neural Network for Pattern Recognition*. Oxford.
- Bishop, Christopher M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Singapore: Springer.
- Canny, John. (1986). *A Computational Approach to Edget Detection*. IEEE.
- Dalal, Navneet & Triggs, Bill. (2005). *Histogram of Oriented Gradient for Human Detection*. INRIA.
- Gonzalez, Rafael & Woods, Richard. (1992). *Digital Image Processing*. USA: Prentice Hall.
- Huang, Thomas S. et. al. (1979). *A Fast Two-Dimensional Median Filtering Algorithm*. IEEE.
- Munir, Rinaldi. (2004). *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Penerbit Informatika

- Purnomo, Mauridi Henry & Muntasa, Arif. (2010). *Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Suyanto. (2011). *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Rahman, Muhammad Fazlur. (2012). *Pengenalan Wajah menggunakan JST berdasarkan Ekstraksi Ciri PDA dan LDA*. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Escalera, Arturo de la. Et. Al. (1997). *Road Traffic Sign Detection and Classification*. IEE

