
Implementasi Fitur Gradien untuk Penghitungan Kendaraan Bermotor pada Video Lalu Lintas

Albert Wijaya^{*1}, Kevin Rustam², Derry Alamsyah³

^{1,2}STMIK Global Informatika MDP; Jl. Rajawali No. 14, +62(711) 376400/376300

³Program Studi Teknik Informatika, STMIK Global Informatika MDP, Palembang

e-mail: ^{*1}albertwjy@mhs.mdp.ac.id, ²rustam_kevin@mhs.mdp.ac.id, ³derry@mdp.ac.id

Abstrak

Sistem penghitungan jumlah kendaraan bermotor pada citra digital adalah sebuah sistem yang dapat mengenali dan menghitung jumlah kendaraan bermotor dengan cara mengolah citra digital yang diberikan. Data tersebut berguna untuk perencanaan dan pengembangan jalan. Untuk mendapatkan data yang akan diolah, digunakan kamera untuk merekam video lalu lintas, kemudian diterapkan teknik pengolahan citra digital pada video tersebut untuk mendapatkan informasi mengenai jumlah kendaraan yang melintas di jalan. Untuk mendeteksi objek yang bergerak pada video, digunakan metode *background subtraction*. Setelah didapat objek yang bergerak, dilakukan proses inialisasi *region of interest* untuk menentukan wilayah yang akan diproses lebih lanjut. Proses berikutnya adalah melakukan *binarization*, yaitu proses mengubah citra menjadi citra biner. Lalu, dilakukan operasi morfologi untuk mendapatkan *mask* objek yang terdeteksi. *Mask* tersebut digunakan untuk proses *cropping* objek yang terdeteksi. Langkah berikutnya adalah mengubah citra *cropping* menjadi citra gradien, lalu dilakukan penghitungan rata-rata gradien. Nilai rata-rata gradien digunakan untuk proses klasifikasi objek yang terdeteksi sebagai mobil atau motor. Berdasarkan penelitian ini, hasil penghitungan mobil memperoleh akurasi sebesar 84,85%, *precision* sebesar 83,33%, dan *recall* sebesar 76,92%. Sedangkan hasil penghitungan motor memperoleh akurasi sebesar 82,35%, *precision* sebesar 85,71%, dan *recall* sebesar 85,71%.

Kata kunci— Penghitungan kendaraan bermotor, fitur gradien, *background subtraction*

Abstract

Vehicle counting system on digital image is a system which can identify and count vehicle by processing a given digital image. This data can be used for road planning and development. To collect the data to be processed, a camera is used to record a video, which then digital image processing method is implemented to get the information about the numbers of vehicle passing. To detect a moving object in the video, background subtraction method is used. After the moving object is detected, region of interest is initialized to determine the area for further process. The next process is binarization, which is a process to convert an image into a binary image. Then, morphological operations are implemented to get a mask of the detected object. This mask is used for cropping the detected object. Next step is converting the cropped image into gradient image, then the mean of gradient is calculated. The mean of gradient is used to classify the detected object as a car or a motorcycle. Based on this research, the car counting results in an accuracy of 84,85%, precision equal to 83,33%, and recall equal to 76,92%. While the motorcycle counting results in an accuracy of 82,35%, precision equal to 85,71%, and recall equal to 85,71%.

Keywords— Vehicle counting, gradient feature, background subtraction

1. PENDAHULUAN

Masalah lalu lintas merupakan masalah penting yang terjadi di banyak negara di dunia. Cepatnya laju urbanisasi membuat jumlah kendaraan bermotor bertambah dengan cepat. Di Indonesia, jumlah kendaraan bermotor mencapai 114 juta pada tahun 2014, dengan penambahan sekitar 10 persen setiap tahunnya [1]. Penambahan jumlah kendaraan bermotor yang begitu cepat, tanpa diimbangi dengan kapasitas jalan yang memadai, akan mengakibatkan terjadinya kemacetan. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan pengelolaan lalu lintas yang baik. Dengan adanya data arus lalu lintas, dapat membantu pemerintah dalam perencanaan dan pengembangan jalan. Data ini juga bisa membantu pengguna kendaraan bermotor memilih rute terbaik untuk menuju ke suatu tempat.

Untuk mengumpulkan data arus lalu lintas, dapat dilakukan dengan menggunakan *inductive loop* [2]. *Inductive loop* adalah sebuah alat yang ditanam di bawah jalan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan bermotor yang melintas. *Inductive loop* memiliki kekurangan yaitu dapat mengganggu arus lalu lintas saat akan dilakukan pemasangan atau saat terjadi kerusakan. Pada kondisi tersebut, harus dilakukan pembongkaran pada jalan yang akan mengganggu pengguna jalan.

Cara lain untuk mengumpulkan data arus lalu lintas adalah dengan menggunakan kamera. Video yang direkam oleh kamera dapat diolah untuk mendapatkan informasi yang diinginkan. Dengan menggunakan kamera, arus lalu lintas tidak akan terganggu saat akan dilakukan pemasangan atau perbaikan. Video adalah serangkaian gambar digital yang ditampilkan dengan cepat pada kecepatan konstan [3], maka dapat dilakukan proses pengolahan citra digital pada setiap *frame* video untuk mendapatkan informasi yang diinginkan.

Untuk mendapatkan informasi dari sebuah citra, dapat dilakukan ekstraksi fitur. Fitur adalah suatu karakteristik dari objek yang dapat digunakan sebagai salah satu penentu ciri objek. Fitur ini dapat digunakan untuk kepentingan pencarian objek atau identifikasi objek [4]. Salah satu fitur yang dapat digunakan adalah fitur gradien. Gradien adalah turunan pertama dari persamaan dua dimensi [5].

Video yang akan diolah adalah video lalu lintas. Untuk mendapatkan data arus lalu lintas, perlu dilakukan pendeteksian objek yang bergerak di dalam video. Untuk mendeteksi objek yang bergerak, dapat dilakukan proses *background subtraction*. *Background subtraction* adalah proses pengurangan citra untuk menghitung perbedaan antara citra *background* dengan citra *frame* video pada waktu tertentu [6]. Pada penelitian yang berjudul *A Computer Vision Based Vehicle Detection and Counting System*, setelah didapat objek yang bergerak dengan menggunakan *background subtraction*, ditentukan *centroid* dari setiap objek. *Centroid* adalah sebuah titik yang mendefinisikan pusat geometri dari sebuah objek. Bila *centroid* melewati wilayah yang sudah ditentukan, maka dilakukan penghitungan. Penerapan metode ini untuk mendeteksi dan menghitung kendaraan bermotor memiliki tingkat akurasi mencapai 96,85% [7].

Setelah objek yang bergerak terdeteksi, perlu dilakukan proses ekstraksi fitur untuk mengenali objek tersebut. Salah satu fitur yang dapat digunakan adalah fitur gradien. Untuk mendapatkan gradien sebuah citra, perlu dilakukan penghitungan dengan operator gradien. Beberapa contoh operator gradien adalah Sobel, Prewitt, Robert, Laplace, Canny, dan Frei-Chen. Pada penelitian yang berjudul *Sign Language Recognition using Color Means of Gradient Slope Magnitude Edge Image* yang membandingkan 6 operator gradien, operator Canny memiliki performa yang paling baik [8].

Pada penelitian dengan judul *Accurate Vehicle Detection and Counting Algorithm for Traffic Data Collection*, melakukan penghitungan kendaraan bermotor dengan menganalisis *range* nilai gradien pada garis yang ditentukan oleh peneliti. Hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa *range* gradien saat ada kendaraan lebih besar dibandingkan dengan *range* gradien saat tidak ada kendaraan. Dengan menggunakan metode ini, tingkat akurasi dari penelitian yang dilakukan mencapai 98,9% [9].

Pada penelitian terdahulu yang telah dijelaskan, belum ada penelitian yang menggabungkan metode *background subtraction* dan fitur gradien untuk penghitungan kendaraan

bermotor. Dengan menggunakan metode *background subtraction* yang memiliki performa yang baik, dan fitur gradien yang juga memiliki performa yang baik sesuai penjelasan penelitian terdahulu di atas, diharapkan bisa meningkatkan akurasi penghitungan kendaraan bermotor.

2. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini, penulis melakukan beberapa tahapan sebagai berikut.

2.1 Studi Literatur

Pada tahapan ini, penulis mencari jurnal yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan, yaitu jurnal mengenai penghitungan kendaraan bermotor dan penggunaan operator gradien. Tahapan ini dilakukan untuk membantu penulis memahami topik yang akan diteliti.

2.2 Pengumpulan Data

Pada tahapan ini penulis akan mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk penelitian ini. Data yang dikumpulkan berupa video lalu lintas yang direkam dari jembatan penyeberangan orang yang terdapat pada Jalan R. Sukamto, dengan arah menghadap bagian dengan kendaraan bermotor. Resolusi video adalah 640 x 360 piksel, dengan *frame rate* 30 fps, dan berdurasi 60 detik.

2.3 Perancangan

Penelitian akan dibagi menjadi 2 proses, yaitu *training* dan *testing*. Pada proses *training*, dilakukan analisis data gradien kendaraan bermotor untuk mendapatkan *threshold* yang akan digunakan pada proses klasifikasi. Sedangkan pada proses *testing*, *threshold* yang sudah didapat akan diuji untuk menghitung dan mengklasifikasikan kendaraan bermotor pada video lalu lintas. Alur kerja proses *training* dapat dilihat pada Gambar 1, dan alur kerja proses *testing* dapat dilihat pada Gambar 2.

2.3.1. Training

Berikut adalah tahapan pada proses *training*:

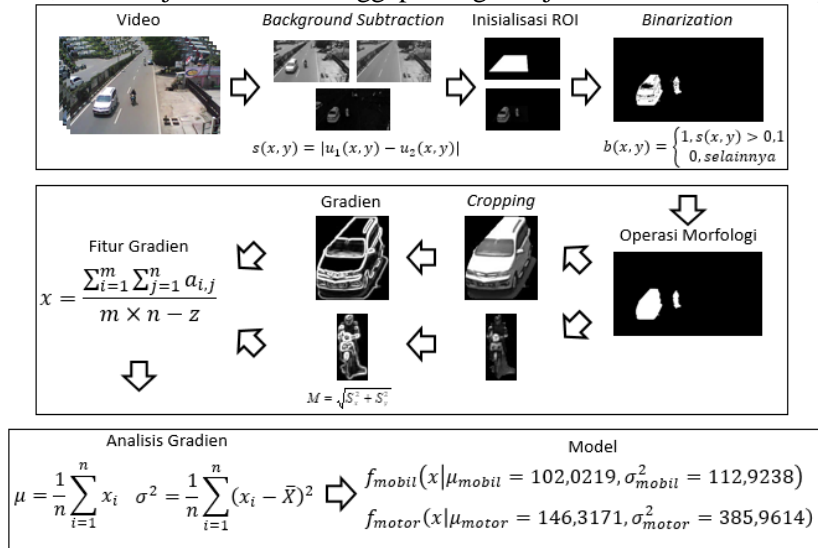
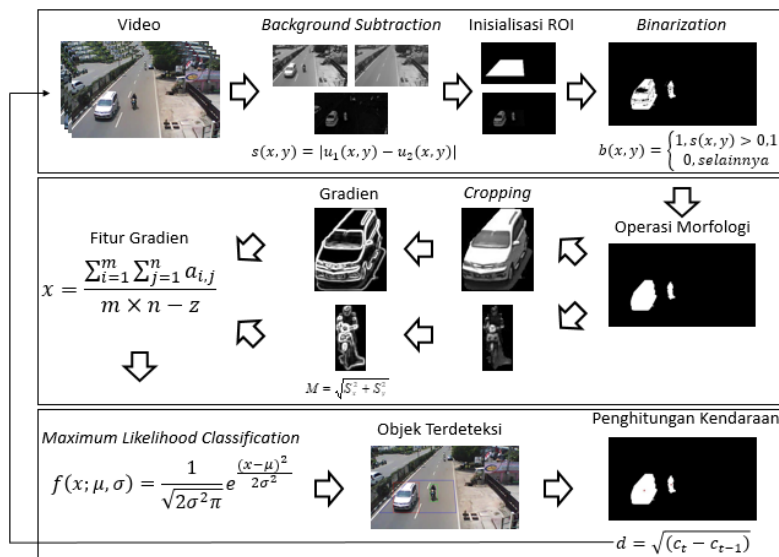
- a. Data yang digunakan berupa video lalu lintas yang memiliki resolusi 640×360 piksel dengan *frame rate* 30fps.
- b. Tahapan *pre-processing* dimulai dengan menerapkan *background subtraction* untuk mendeteksi objek yang bergerak. Proses ini dilakukan dengan mengurangi citra *frame* video dan citra *background* yang sudah diubah menjadi citra *grayscale*. Langkah berikutnya adalah melakukan inisialisasi *Region of Interest* (ROI) untuk menentukan daerah yang akan diproses lebih lanjut. Selanjutnya dilakukan *binarization* pada citra tersebut untuk mengubah citra menjadi citra biner. Pada citra biner tersebut, dilakukan operasi morfologi untuk mendapatkan *mask* objek bergerak. *Mask* tersebut digunakan untuk *cropping* objek bergerak.
- c. Tahapan berikutnya adalah ekstraksi fitur. Citra hasil *cropping* pada tahapan sebelumnya diubah menjadi citra gradien menggunakan operator Canny. Lalu dihitung rata-rata gradien dari citra tersebut sebagai fitur dari objek kendaraan bermotor.
- d. Data rata-rata gradien yang didapat pada tahapan sebelumnya, dihitung rata-rata dan standar deviasinya untuk dijadikan model pengklasifikasi.

2.3.2. Testing

Berikut adalah tahapan pada proses *testing*:

- a. Video lalu lintas yang digunakan pada proses *testing* memiliki resolusi 640×360 piksel dengan *frame rate* 30fps dan berdurasi 60 detik.
 - b. Tahapan *pre-processing* yang dilakukan pada proses *testing* sama dengan proses *training*, yaitu *background subtraction*, inisialisasi ROI, *binarization*, operasi morfologi, dan *cropping* objek bergerak yang terdeteksi.
 - c. Selanjutnya, dilakukan ekstraksi fitur gradien pada citra hasil *cropping* tersebut.
-

- d. Lalu dilakukan pengklasifikasian kendaraan bermotor dengan menghitung probabilitas dari fitur gradien yang didapat. Objek yang terdeteksi diklasifikasikan menjadi mobil atau motor.
- e. Setelah diklasifikasi, dilakukan penghitungan jumlah kendaraan bermotor sesuai dengan jenisnya. Penghitungan kendaraan dilakukan dengan menghitung jarak *centroid* objek pada *frame* sekarang dan *frame* sebelumnya. Apabila jarak *centroid* melebihi batas yang ditentukan, maka objek tersebut dianggap sebagai objek baru dan dilakukan penghitungan.

Gambar 1 Alur Kerja Proses *Training*Gambar 2 Alur Kerja Proses *Testing*

2.4 Analisis Data

Pada tahapan ini penulis akan menganalisis data yang sudah dikumpulkan pada tahapan sebelumnya. Penulis akan menganalisis gradien kendaraan bermotor untuk dijadikan *threshold* pada proses penghitungan kendaraan bermotor.

2.5 Implementasi

Pada tahapan ini penulis akan mengimplementasikan rancangan yang sudah dibuat pada tahapan sebelumnya ke dalam bentuk bahasa pemrograman. Lalu, dilakukan pengujian pada data yang sudah dikumpulkan oleh penulis.

2.6 Evaluasi

Pada tahapan ini dilakukan evaluasi untuk menghitung tingkat akurasi, *precision*, dan *recall* dari hasil implementasi yang dilakukan pada tahap sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi, *precision*, dan *recall* dalam pengklasifikasian dan penghitungan kendaraan bermotor. Pada video yang digunakan, jumlah kendaraan bermotor sebenarnya yang masuk ke dalam *region of interest* sebanyak 13 mobil, dan 19 motor. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 untuk pengujian penghitungan mobil, dan Tabel 2 untuk pengujian penghitungan motor.

Tabel 1 Hasil Pengujian Penghitungan Mobil

<i>Predicted</i>	<i>Actual</i>	
	Mobil	Bukan Mobil
Mobil	10	2
Bukan Mobil	3	18

Tabel 2 Hasil Pengujian Penghitungan Motor

<i>Predicted</i>	<i>Actual</i>	
	Motor	Bukan Motor
Motor	18	3
Bukan Motor	3	10

Dalam melakukan penelitian ini, penulis juga melakukan penghitungan kendaraan bermotor dengan menggunakan fitur lain yaitu, *Histogram of Oriented Gradien* (HOG), dan *Fast Fourier Transform* (FFT), sebagai pembanding. Hasil pengujian penghitungan kendaraan bermotor dengan fitur HOG dapat dilihat pada Tabel 3 untuk pengujian penghitungan mobil, dan Tabel 4 untuk pengujian penghitungan motor.

Tabel 3 Hasil Pengujian Penghitungan Mobil dengan Fitur HOG

<i>Predicted</i>	<i>Actual</i>	
	Mobil	Bukan Mobil
Mobil	6	1
Bukan Mobil	7	19

Tabel 4 Hasil Pengujian Penghitungan Motor dengan Fitur HOG

<i>Predicted</i>	<i>Actual</i>	
	Motor	Bukan Motor
Motor	19	7
Bukan Motor	2	6

Sedangkan hasil pengujian penghitungan kendaraan bermotor dengan fitur FFT dapat dilihat pada Tabel 5 untuk pengujian penghitungan mobil, dan Tabel 6 untuk pengujian penghitungan motor.

Tabel 5 Hasil Pengujian Penghitungan Mobil dengan Fitur FFT

<i>Predicted</i>	<i>Actual</i>	
	Mobil	Bukan Mobil
Mobil	0	1
Bukan Mobil	13	19

Tabel 6 Hasil Pengujian Penghitungan Motor dengan Fitur FFT

<i>Predicted</i>	<i>Actual</i>	
	Motor	Bukan Motor
Motor	19	13
Bukan Motor	2	0

Pada Gambar 3 ditampilkan grafik hasil pengujian penghitungan mobil. Fitur gradien memperoleh akurasi yang paling tinggi, sebesar 84,85%, dibandingkan dengan fitur HOG sebesar 75,76%, dan fitur FFT sebesar 57,58%. Hal ini berarti penghitungan mobil yang dilakukan sistem dengan fitur gradien mendekati jumlah sebenarnya. Nilai *precision* tertinggi didapat oleh sistem dengan fitur HOG, sebesar 85,71%, sedangkan fitur gradien sebesar 83,33%, dan fitur FFT sebesar 0%. Hal ini berarti penghitungan mobil yang dilakukan sistem dengan fitur gradien dan HOG sebagian besar benar. Pada sistem dengan fitur gradien, dari total 12 mobil yang terhitung, sistem benar menghitung 10 mobil, dan salah menghitung 2 motor sebagai mobil. Pada sistem dengan fitur HOG, dari total 7 mobil yang terhitung, sistem benar menghitung 6 mobil, dan salah menghitung 1 motor sebagai mobil. Sedangkan sistem dengan fitur FFT gagal menghitung mobil, dan salah menghitung 1 motor sebagai mobil. Nilai *recall* tertinggi didapat oleh sistem dengan fitur gradien, sebesar 76,92%. Sedangkan sistem dengan fitur HOG mendapat *recall* sebesar 46,15%, dan fitur FFT sebesar 0%. Sistem dengan fitur gradien dapat mengenali 10 dari 13 mobil yang sebenarnya. Sedangkan sistem dengan fitur HOG hanya berhasil mengenali 6 mobil, dan fitur FFT gagal mengenali semua mobil.

Grafik hasil pengujian penghitungan motor ditampilkan pada Gambar 4. Pada penghitungan motor, fitur gradien memperoleh akurasi yang paling tinggi, sebesar 82,35%, dibandingkan dengan fitur HOG sebesar 73,53%, dan fitur FFT sebesar 55,88%. Hal ini berarti penghitungan motor yang dilakukan sistem dengan fitur gradien mendekati jumlah sebenarnya. Nilai *precision* tertinggi didapat oleh sistem dengan fitur gradien, sebesar 85,71%, sedangkan fitur HOG sebesar 73,08%, dan fitur FFT sebesar 59,38%. Hal ini berarti penghitungan motor yang dilakukan sistem dengan fitur gradien sebagian besar adalah benar. Pada sistem dengan fitur gradien, dari total 21 motor yang terhitung, sistem benar menghitung 18 motor, dan salah menghitung 3 mobil sebagai motor. Pada sistem dengan fitur HOG, dari total 26 motor yang terhitung, sistem benar menghitung 19 motor, dan salah menghitung 7 mobil sebagai motor. Pada sistem dengan fitur FFT, dari total 32 motor yang terhitung, sistem benar menghitung 19 motor, dan salah menghitung 13 mobil sebagai motor. Nilai *recall* tertinggi didapat oleh sistem dengan fitur HOG dan FFT, sebesar 90,48%. Sedangkan sistem dengan fitur gradien mendapat *recall* sebesar 85,71%. Sistem dengan fitur gradien dapat mengenali 17 dari 19 motor yang sebenarnya. Sedangkan sistem dengan fitur HOG dan FFT berhasil mengenali 18 dari 19 motor yang sebenarnya.

4. KESIMPULAN

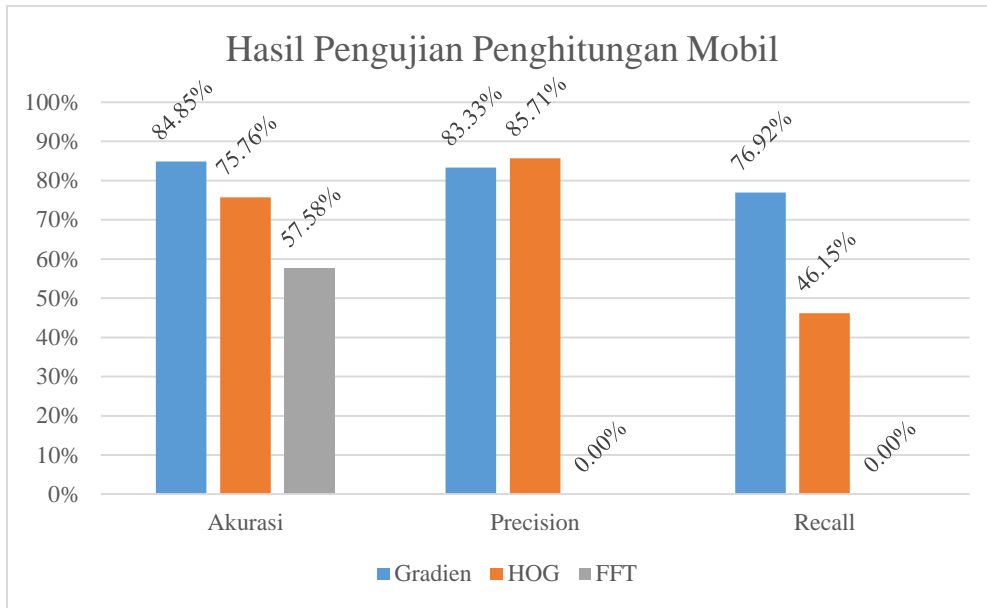
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Fitur gradien dapat digunakan untuk penghitungan kendaraan bermotor pada video lalu lintas dengan menggunakan rata-rata nilai gradien dari citra kendaraan bermotor.
2. Berdasarkan pengujian, program yang dibuat mendapatkan nilai akurasi sebesar 84,85% *precision* sebesar 83,33%, dan *recall* sebesar 76,92% untuk penghitungan mobil, sedangkan untuk penghitungan motor mendapat nilai akurasi sebesar 82,35%, *precision* sebesar 85,71%, dan *recall* sebesar 85,71%.

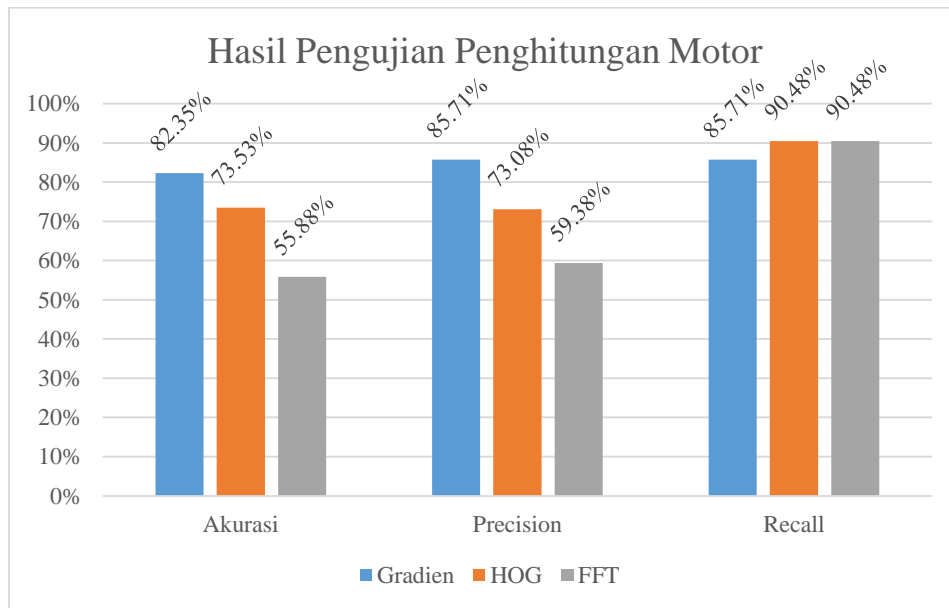
5. SARAN

Saran yang dapat direkomendasikan dalam penelitian selanjutnya adalah:

1. Memperbaiki tahapan *pre-processing* untuk mencegah dua objek yang berdekatan dianggap sebagai satu objek.
2. Memperbanyak jenis kendaraan untuk diklasifikasi.



Gambar 3 Grafik Hasil Pengujian Penghitungan Mobil



Gambar 4 Grafik Hasil Pengujian Penghitungan Motor

DAFTAR PUSTAKA

[1] Satu Data Indonesia. (2016). *Jumlah Kendaraan Bermotor (Unit)*. Retrieved Agustus 6, 2017, from <https://data.go.id/dataset/jumlah-kendaraan-bermotor-unit/resource/f9c24882-8de4-481e-9cb6-400ed8fbb0df>

[2] Zhang, Y., Zhao, C., & Zhang, Q. (2017). Counting Vehicles in Urban Traffic Scenes using Foreground Time-Spatial Images. *IET Intelligent Transport Systems*, 11(2), 61-67.

- [3] Binanto, I. (2010). *Multimedia Digital Dasar Teori dan Pengembangannya*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
 - [4] Kadir, A. (2013). *Dasar Pengolahan Citra dengan Delphi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
 - [5] Sutoyo, T. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi Offset.
 - [6] D. L., Liang, B., & Weigang, Z. (2014). Real-Time Moving Vehicle Detection, Tracking, and Counting System Implemented with OpenCV. Shenzhen: IEEE.
 - [7] Seenouvang, N., Watchareetuetai, U., Nuthong, C., & Khongsomboon, K. (2016). A Computer Vision Based Vehicle Detection and Counting System. Chiangmai: IEEE.
 - [8] Thepade, S. D., Kulkarni, G., Narkhede, A., Kelvekar, P., & Tathe, S. (2013). Sign Language Recognition using Color Means of Gradient Slope Magnitude Edge Images. Gujarat: IEEE.
 - [9] Y. T., Wang, Y., R. S., & Song, H. (2015). Accurate Vehicle Detection and Counting Algorithm for Traffic Data Collection. Shenzhen: IEEE.
-