

MONITORING KEPADATAN ARUS KENDARAAN SECARA REAL TIME DENGAN METODE GAUSSIAN MIXTURE MODEL (GMM)

MONITORING TRAFFIC DENSITY IN REAL TIME WITH GAUSSIAN MIXTURE MODEL (GMM)

Angga Rusdinar.ST.,MT.,Ph.D.¹, Junartha Halomoan.ST.,MT.², Arnan Tri Arminanto³

^{1,3}Departemen Elektro dan Komunikasi Universitas Telkom, Bandung

¹anggarusdinar@telkomuniversity.com, ²juned_new@yahoo.com, ³arnand49@gmail.com

Abstrak

Dewasa ini, tingkat populasi penduduk yang tinggi menjadi masalah yang kompleks, khususnya kota – kota besar. Tidak hanya di jalan biasa, jalan tol yang disebut jalan bebas hambatan pun telah mengalami kemacetan. Informasi terkait kepadatan arus lalu lintas di jalan tol tentunya sangat dibutuhkan oleh pengguna jalan dan pihak terkait guna memaksimalkan pelayanan jalan tol.

Tugas akhir ini berisi perancangan dan pembuatan sistem monitoring tingkat kepadatan kendaraan kepada pengguna jalan dengan input berupa video yang kemudian hasil monitoringnya di kirim ke LCD . Metode yang dipakai dalam monitoring kendaraan yaitu *Gaussian Mixture Model* (GMM), sedangkan untuk pengiriman hasil monitoring menggunakan metode *Short Messege Service* (SMS). Data uji yang akan dipakai berupa video yang diambil pada satu ruas jalan tol yang pengambilan videonya menggunakan posisi *low oblique*. Sedangkan pengiriman hasil monitoring ke LCD menggunakan mikrokontroller Atmega8535 dan sebagai perantara komunikasinya menggunakan modul GSM Wavecom Fast Track N1306B. Perancangan sistem yang dibangun mampu memonitoring kecepatan rata-rata ruang kendaraan dan jumlah kendaraan yang melintas secara *real time* serta memberitahukan hasilnya kepada pengguna jalan dengan bantuan LCD.

Monitoring sistem yang dihasilkan dari Tugas akhir ini mempunyai error rate terkecil di siang hari sebesar 12,51% , dan didapatkan rata-rata akurasi terbaik di siang hari sebesar 96,625%.

Kata kunci : *Gaussian Mixture Model, SMS, Low Oblique*

Abstract

This time, the high level of population becomes a complex problem, especially in big cities. Not only on ordinary roads, now toll roads called highways had been stalled. Information related to the density of traffic on the motorway of course is needed by road users in order to maximize the toll road services.

This final project the author has created the design and manufacture of vehicle monitoring system density to road users in the form of video input which is then sent to the monitoring results of the LCD. The method used in the monitoring of vehicles ie *Gaussian Mixture Model* (GMM), while for the delivery of the results of its monitoring methods *Short Messege Service* (SMS). Test data will be used in the form of videos taken with the webcam on the toll roads taking video from the top toward the front of the vehicle. While the delivery of monitoring results to the LCD using ATmega8535 microcontroller and as an intermediary for communications using the GSM module Wavecom Fast Track N1306B. Designing a system built capable of monitoring the average speed of the vehicle space and number of passing vehicles in real time and notify the results to the user with the help of the LCD.

Monitoring systems resulting from this final task has the smallest error rate during the day amounted to 12.51 % , and the average obtained the best accuracy in daylight at 96.625 %

Keywords: *Gaussian Mixture Model, SMS, Low Oblique*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu, tingkat populasi penduduk yang tinggi menjadi masalah yang kompleks, khususnya di kota – kota besar. Salah satunya yaitu kemacetan yang merajarela. Tingginya mobilitas penduduk membuat jumlah kendaraan bertambah di setiap tahunnya. Kemacetan pun diperparah dengan pembangunan infrastruktur jalan yang minim. Tidak hanya di jalan biasa, jalan tol yang disebut jalan bebas hambatan pun telah mengalami kemacetan. Informasi terkait kepadatan

arus lalu lintas di jalan tol tentunya sangat dibutuhkan oleh pengguna jalan dan juga pihak terkait guna memaksimalkan pelayanan jalan tol. Tingkat pelayanan ini dipacu berdasarkan peraturan Menteri Perhubungan nomor KM 14 Tahun 2006.

Dalam peraturan tersebut untuk mendapatkan tingkat kepadatan jalan tol dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan terhadap jumlah kendaraan dan kecepatan rata – rata ruang kendaraan dan dengan satuan kendaraan dalam satu kilometer (kend/km). Saat ini pergitungan tingkat kepadatan jalan tol dilakukan secara manual dan tentunya cara ini sangat tidak efektif. Dengan

adanya tugas akhir ini diharapkan dapat membantu perkembangan *Intelligent Traffic Surveillance* yang sedang berkembang.

Dalam tugas akhir ini dibangun sebuah sistem yang mampu mendeteksi tingkat kepadatan arus kendaraan lalu lintas di jalan tol menggunakan pengolahan citra digital. Inputan berupa video yang stasioner yang dipasang di jalan tol, kemudian video yang diperoleh diolah sehingga menghasilkan output tingkat kepadatan jalan tersebut, output ini kemudian akan di kirim ke layar LCD untuk memberitahu pengguna jalan guna memfasilitasi mobilitas penduduk yang tinggi. Untuk dapat menghitung kepadatan lalu lintas, sistem harus mampu melakukan deteksi dan tracking terhadap kendaraan yang terekam *webcam*. Masalah deteksi dan tracking ini akan di atasi dengan penggunaan metode *Gaussian Mixture Model (GMM)* yang secara singkat dapat dikatakan sebagai metode untuk mendeteksi pergerakan objek pada frame – frame yang datang berurutan.

Selanjutnya, untuk menciptakan sistem yang bekerja secara real time, maka proses tracking harus dapat dilakukan secara cepat. Masalah ini, salah satunya di atasi dengan menggunakan citra berukuran cukup kecil sehingga konsumsi waktu pemrosesannya lebih sedikit namun tetap menjaga akurasi pada tingkat yang memadai.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini, adalah sebagai berikut.

1. Mengimplementasikan sistem untuk memonitoring kepadatan kendaraan yang melewati 1 ruas jalan dengan menggunakan pengolahan citra digital
2. Melakukan pengujian terhadap parameter filtering yaitu *dilation*, *blur* dan *morphologi* sehingga akan didapat nilai parameter yang tepat untuk mendeteksi jumlah dan kecepatan kendaraan secara akurat
3. Melakukan analisis performansi sistem berdasarkan nilai *error* dalam penghitungan volume dan kecepatan rata-rata kendaraan.
1. Mengirimkan hasil monitoring kepadatan kendaraan ke dalam layar LCD.

1.3 Perumusan Masalah

Permasalahan-permasalahan yang dibahas pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun sistem yang dapat mendeteksi kepadatan kendaraan secara realtime dengan akurat menggunakan inputan berupa video menggunakan metode *Gaussian Mixture Model*?
2. Bagaimana nilai filtering *dilation*, *blur* dan *morphology* yang tepat agar dapat mendeteksi kendaraan?
3. Bagaimana *error-rate* dan tingkat akurasi sistem dengan menggunakan *Gaussian*

Mixture Model dalam menangani kepadatan kendaraan?

1. Bagaimana membangun sistem komunikasi hasil monitoring kepadatan kendaraan ke LCD menggunakan mikrokontroller Atmega 8535 dengan perantara menggunakan modul GSM Wavecom Fast Track N1306B?

1.4 Batasan Masalah

Terdapat pembatasan masalah pada penelitian tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut.

1. Sistem hanya menangani kendaraan yang masuk ke jalan tol, yakni roda empat atau lebih
2. Level kepadatan ditentukan pada jalan tol 2 lajur 1 arah
3. Video yang menjadi masukan adalah kondisi jalan tol Buah Batu yang direkam dalam keadaan cuaca cerah menggunakan *webcam* yang diambil dari jembatan layang yang melintasi jalan tol tersebut
4. Posisi *webcam* saat pengambilan video dari sisi atas dengan kemiringan sudut rendah mengarah ke arah bagian belakang kendaraan (*low oblique*)
5. Pengklasifikasian tingkat kepadatan kendaraan berdasarkan karakteristik volume dan kecepatan rata-rata kendaraan sesuai dengan yang dikeluarkan oleh peraturan Menteri Perhubungan nomor KM 14 tahun 2006.
6. Pengiriman hasil monitoring menggunakan Atmega8535 dengan modul GSM Wavecom Fast Track N1306B sebagai perantara komunikasinya
7. Output yang akan dihasilkan akan ditampilkan dalam layar LCD 16x2
8. Trafic dan kondisi jaringan GSM tidak dibahas pengaruhnya pada tugas akhir ini

2. DASAR TEORI

2.1 Background Extraction

Background extraction adalah suatu proses untuk mendapatkan *background* dari sebuah data video. Hal ini penting dilakukan karena untuk mendeteksi adanya gerakan perlu dipisahkan antara object yang bergerak dengan object yang diam dan *background* adalah object yang diam tersebut. *Background* merupakan latar dan dapat berupa jalan, pohon, bangunan dan langit. Dengan memisahkan *background* dari suatu frame video maka kita bisa mendapatkan *foreground*-nya.

Background extraction dapat diperoleh dengan menggunakan Time Average *Background Image* atau TABI. Metode ini akan menghasilkan gambar *background* yang merupakan pendekatan dengan cara mendapatkan rata-rata nilai pixel gambar berdasarkan serangkaian frame dari serangkaian gambar [1].

Misalkan ($l_1, l_2, \dots, l_m$) merupakan serangkaian gambar bergerak, dipilih sejumlah frame dengan jumlah N frame dari total m frame dan disimbolkan dengan ($f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$). $F_i(xy)$ merepresentasikan nilai pixel dan frame ke I dengan $i = 0, 1, 2, \dots, N$. Maka dapat diperoleh nilai rata-rata tiap-tiap pixel dengan persamaan pada persamaan berikut :

$$\bar{F}(x, y) = \frac{\sum_{i=b}^{b+m} f_i(x, y)}{n} \quad (2.3)$$

Kekurangan dari metode ini adalah ketika ada kendaraan yang berjalan lambat atau bahkan diam, maka akan dianggap sebagai *background image*.

2.2 Gaussian Mixture Model (GMM)

Gaussian Mixture Model (GMM) merupakan sebuah tipe *density model* yang terdiri dari komponen fungsi – fungsi Gaussian. Komponen fungsi ini terdiri dari *weight* yang berbeda untuk menghasilkan *multi-model density*. Pada penelitian ini GMM digunakan untuk memodelkan warna-warni *background* dari tiap piksel.

Tiap piksel memiliki GMM-nya sendiri dan data yang diolah adalah warna piksel yang didapat dari input. Model-model GMM terbentuk dari data warna piksel berdasarkan waktu. Model yang terbentuk dibagi menjadi 2 bagian, model *background* dan model *non-background*. Model *background* adalah model yang mencerminkan *background*.

Jumlah GMM yang digunakan mempengaruhi jumlah model *background*. Semakin besar jumlah model GMM yang dipakai semakin banyak model *background* yang dimiliki suatu piksel.

Terdapat beberapa tahap proses untuk metode ini yaitu tahap pencocokan input terhadap distribusi dan tahap pemilihan distribusi yang mencerminkan *background*. Di dalam tahap pencocokan terdapat tahap update parameter.

2.3 Kepadatan Lalu Lintas

Kepadatan lalu lintas dapat diartikan sebagai volume kendaraan yang melintas suatu ruas jalan pada satuan jarak dan waktu tertentu. Kepadatan lalu lintas dapat dihitung dengan membandingkan jumlah kendaraan yang melintas (kendaraan/Km) dengan kecepatan rata-rata kendaraan (Km/Jam) dalam satuan jarak tertentu.

Hubungan kepadatan kendaraan dengan volume dan kecepatan dapat di definisikan dengan persamaan berikut :

$$k = \frac{q}{u_s} \quad (2.6)$$

Dengan :

k : kepadatan kendaraan atau traffic density (Kendaraan/Km)

q : Flow rate atau jumlah kendaraan (Kendaraan/Jam)

u_s : kecepatan rata-rata ruang kendaraan (Km/Jam)

Flow rate dapat diartikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pada jalan dalam kurun waktu tertentu. Flow rate (q) dapat didefinisikan dengan persamaan berikut :

$$q = \frac{N}{T} \quad (2.7)$$

Dengan :

q : Jumlah kendaraan yang melewati 1 titik dalam satuan waktu tertentu (kendaraan/jam)

N : Jumlah kendaraan

T : Waktu pengamatan

Menurut [14] terdapat 2 kecepatan rata-rata yakni kecepatan rata-rata waktu dan kecepatan rata-rata ruang. Kecepatan rata-rata waktu didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata aritmatika kendaraan yang melwati 1 titik. Sedangkan rata-rata ruang didefinisikan sebagai rata-rata harmonik kecepatan melewati suatu titik selama periode waktu. Hal ini juga sama dengan kecepatan rata-rata pada suatu panjang jalan tertentu. Penghitungan kecepatan rata-rata pada persamaan (2.12) menggunakan kecepatan rata-rata ruang.

$$u_s = \frac{1}{\frac{1}{N} \sum_i \frac{1}{u_i}} \quad (2.8)$$

Dimana :

u_s : space mean speed (kecepatan rata-rata ruang)(Km/Jam)

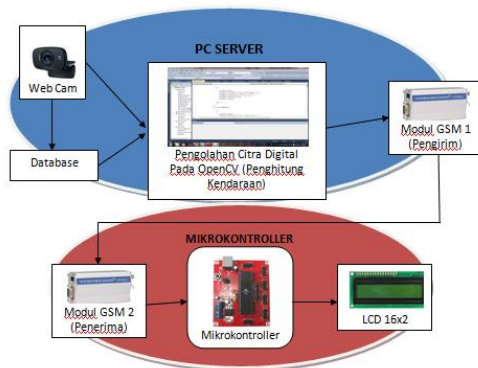
N : Jumlah kendaraan

u_i : Kecepatan kendaraan (Km/Jam)

Kecepatan rata-rata waktu tidak sama dengan kecepatan rata-rata ruang dan kecepatan rata-rata waktu tidak dapat digunakan pada persamaan (2.8).

3. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem dibagi ke dalam dua bagian yaitu perancangan perangkat lunak dan perancangan perangkat keras. Perancangan perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman C dengan *compiler* CodeVision AVR untuk mikrokontroler dan bahasa C++ OpenCV untuk program aplikasi monitoring kepadatan arus lalu lintas secara *realtime*. Sedangkan perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan komunikasi dari modul GSM ke LCD. Berikut blok diagram sistem secara keseluruhan.

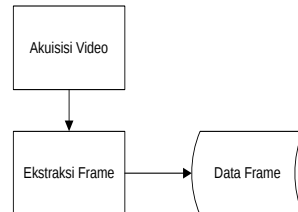


Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

3.1 Perancangan

A. Pre-processing

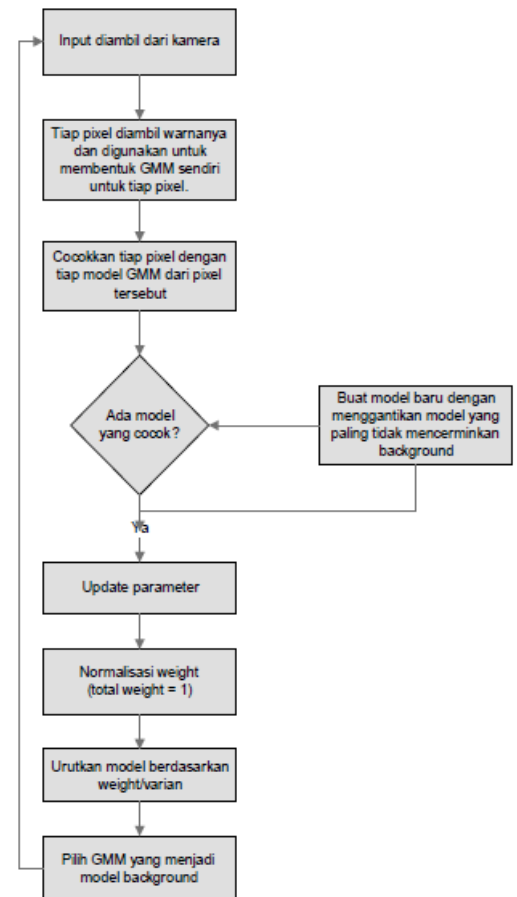
Pre-processing merupakan tahap awal dari pendeteksian tingkat kepadatan kendaraan. Pada tahap ini dilakukan pengambilan video (akusisi video) yang akan dideteksi jumlah dan kecepatannya. Kemudian akan dilakukan ekstraksi *frame* RGB dan YCrCb.



Gambar 3.3 Alur proses *pre-processing*

B. Background Extraction

Tahap selanjutnya setelah tahap *pre-processing* yaitu ekstraksi latar (*background* ekstraktion). *Background* ekstraktion berguna untuk memisahkan antara objek yang terdapat pada *background* dengan objek yang terdapat pada *foreground*. Kriteria objek yang terdapat pada *background* adalah objek yang tidak berubah posisinya selama beberapa *frame* (posisi statis). Sedangkan kriteria objek yang terdapat pada *foreground* adalah objek yang posisinya berubah (bergerak) pada tiap *frame* (posisi dinamis). Untuk melakukan proses ini digunakan algoritma Gaussian Mixture Model (GMM). Alur Proses GMM



Gambar 3.10 Alur Proses *Background* Extraction

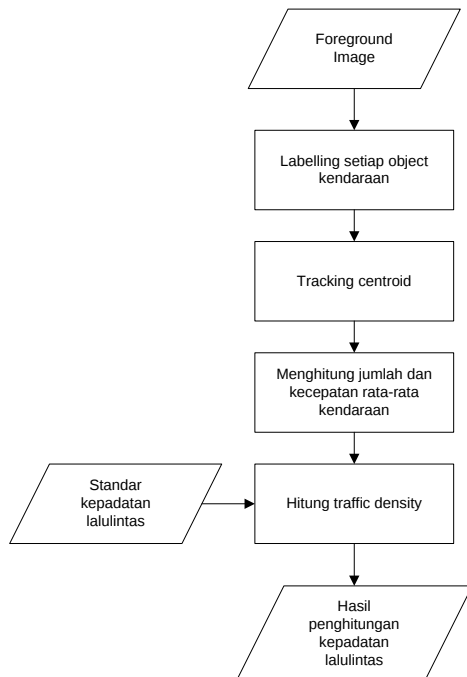
C. Dilasi, Blur, dan Morphologi

Ketiga operasi morfologi tersebut dilakukan untuk memaksimalkan bentuk objek kendaraan yang akan dideteksi. Ketiganya menggunakan bentuk dari *structure element* yang sama yakni *square* dan dengan nilai yang sama pula. Pada tahap ini juga akan dilakukan pengujian untuk menentukan nilai *structure element* yang tepat.

D. Deteksi kecepatan dan jumlah kendaraan

Tahap pertama untuk melakukan penghitungan adalah setiap kendaraan yang ada pada sebuah *frame* akan diberi label dan dilakukan tracking centroid. Pelabelan dilakukan untuk membedakan kendaraan yang satu dengan yang lainnya dan tracking centroid untuk menentukan titik berat dari kendaraan tersebut. Penghitungan kecepatan sebuah kendaraan dilakukan dengan cara menghitung berapa lama centroid sebuah kendaraan melewati garis start dan garis finish. Dengan panjang lintasan yang dapat ditentukan, penghitungan kecepatan mungkin untuk dilakukan. Sedangkan kecepatan rata-rata kendaraan dihitung dengan menjumlahkan seluruh kecepatan kendaraan dibagi dengan jumlah kendaraan. Setelah didapat kecepatan

rata-rata dan jumlah kendaraan, maka dapat dihitung tingkat kepadatannya dan karakteristik operasi apa yang perlu dilakukan berdasarkan peraturan Kementerian Perhubungan nomor KM 14 Tahun 2006.



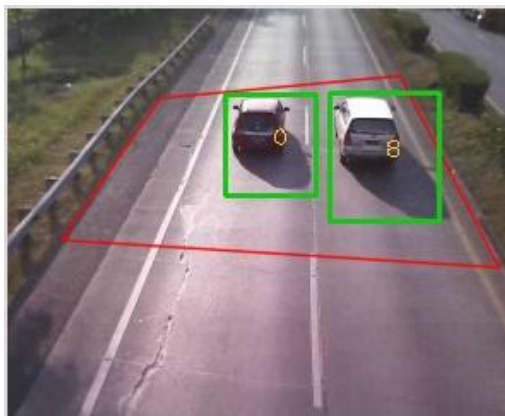
Gambar 3.11 Alur Proses Deteksi Kecepatan dan Jumlah kendaraan

a. Labelling pada Setiap Objek Kendaraan yang Terdeteksi

Setiap objek yang terdeteksi akan diberi label. Hal ini berguna untuk membedakan kendaraan yang satu dengan yang lainnya agar tidak terjadi salah penghitungan.

b. Tracking Centroid

Setelah diberi label, sebuah objek kendaraan akan dilakukan tracking centroid. Koordinat (x,y) dari tracking centroid inilah yang akan dijadikan acuan penghitungan kecepatan rata-rata dan jumlah kendaraan.



Gambar 3.12 Hasil Proses Tracking Centroid

c. Perhitungan Jumlah dan Kecepatan Rata-rata Kendaraan

Setelah didapat koordinat centroid dari sebuah kendaraan, maka akan dilakukan pengecekan apakah koordinat tersebut sudah melewati ROI yang ditentukan atau belum. ROI yang ditentukan dalam tugas akhir ini adalah nilai batas start, batas akhir, batas kanan, dan batas kiri. Kendaraan akan terdeteksi jumlahnya sebanyak satu kendaraan apabila koordinat centroid kendaraan tersebut berada dalam batas kanan, batas kiri, terdeteksi sebelum dan sesudah batas start serta terdeteksi sebelum dan sesudah batas akhir. Penghitungan kecepatan kendaraan dilakukan dengan mencatat pada *frame* beberapa centroid kendaraan tersebut berada tepat atau lebih dari batas start dan pada *frame* beberapa centroid kendaraan tersebut berada tepat atau lebih dari batas akhir. Perbedaan nilai *frame* awal dan akhir tersebutlah yang akan dijadikan waktu tempuh dalam penghitungan kecepatan kendaraan.

Misal centroid kendaraan A memasuki nilai batas awal pada *frame* ke-*m* dan memasuki nilai batas akhir pada *frame* ke-*n* dengan *frame* rate kamera sebesar *fpsframe/second* dan jarak deteksi sebesar *x* meter maka akan diperoleh kecepatan *v* Km/jam dengan persamaan berikut :

$$v = \left(\frac{x}{\frac{m-n}{fps}} \right) \times 3,6 \quad (3.1)$$

4. PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM
4.1 Data Uji

Pengujian tugas akhir ini menggunakan data uji berupa video. Video ini diambil secara langsung menggunakan webcam dengan frame size 320x240 pixel, serta dengan frame rate 15fps.

Video yang diujikan diambil dari 3 waktu yang berbeda yakni pagi, siang, dan sore dengan tujuan mendapatkan video dengan intensitas cahaya yang berbeda. Sehingga dapat dilakukan pengujian terhadap sistem dengan beberapa variasi inputan.

Berikut detail dari spesifikasi data uji yang digunakan :

Tabel 4.1 Spesifikasi Data Uji Jalan Tol

No	Waktu Rekam	Durasi (Detik)	Jumlah (Kend)	Kec Rata (Km/Jam)
1	Pagi	187	115	95
2		187	136	90
3	Siang	183	104	70
4		187	142	75
5	Sore	187	100	110
6		187	122	90
Jumlah kendaraan minimal			100 Kend	

Jumlah kendaraan maksimal	142 Kend
Kecepatan rata-rata minimal	70 Km/Jam
Kecepatan rata-rata maksimal	110 Km/Jam
Jumlah total kendaraan uji	719 Kend

Tabel 4.2 Spesifikasi Data Uji Jalan Raya

No	Waktu Rekam	Durasi (Detik)	Jumlah (Kend)	Kec Rata (Km/Jam)
1	Pagi	187	30	60
2		187	26	55
3	Siang	187	31	50
4		187	25	60
5	Sore	187	41	40
6		186	34	30
Jumlah kendaraan minimal			25 Kend	
Jumlah kendaraan maximal			41 Kend	
Kecepatan rata-rata minimal			30 Km/Jam	
Kecepatan rata-rata maximal			60 Km/Jam	
Jumlah total kendaraan uji			187 Kend	

4.2 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 4-3 Hasil Pengujian dilation, blur dan morphology *Jalan Tol*

Pengujian dilation, blur dan morphology Jalan Tol							
No	Dil	Blur	Morp	Jml Nyata	Jml Sistem	ΔJml Kendaraan	error rate %
1	1	1	1	115	26	89	77,39
2	1	1	1		19	117	86,02
3	1	1	1	104	25	79	75,96
4	1	1	1		40	102	71,83
5	1	1	1	100	49	51	51
6	1	1	1		15	107	87,7
				122			
				719	174	545	75,79
1	7	4	7	115	99	16	13,91
2	7	4	7		125	11	8,0

							8
3	7	4	7	104	101	3	2,88
4	7	4	7		120	22	15,49
5	7	4	7	100	89	11	11
6	7	4	7		95	27	11,26
				122			
				719	629	90	12,51
1	14	7	14	115	82	33	28,69
2	14	7	14		100	36	26,47
3	14	7	14	104	83	21	20,19
4	14	7	14		88	54	38,02
5	14	7	14	100	77	23	23
6	14	7	14		89	33	27,04
				122			
				719	519	200	27,81

Tabel 4-4 Hasil Pengujian dilation, blur dan morphology *Jalan Raya*

Pengujian dilation, blur dan morphology Jalan Raya							
No	Dil	Blur	Morp	Jml Nyata	Jml Sistem	ΔJml Kendaraan	error rate %
1	1	1	1	30	7	23	76,66
2	1	1	1		4	22	84,61
3	1	1	1	26	7	24	77,41
4	1	1	1		8	17	68
5	1	1	1	41	11	30	73,17
6	1	1	1		19	15	44,
				34			

							11
				187	56	131	70,05
1	7	4	7	30	51	21	70
2	7	4	7	26	59	33	78,78
3	7	4	7	31	47	16	51,61
4	7	4	7	25	37	12	48
5	7	4	7	41	62	21	51,21
6	7	4	7	34	50	16	47,05
				187	306	119	63,63
1	14	7	14	30	84	54	55,55
2	14	7	14	26	103	77	33,76
3	14	7	14	31	88	57	54,38
4	14	7	14	25	84	59	42,37
5	14	7	14	41	31	10	24,39
6	14	7	14	34	55	21	61,76
				187	445	278	67,26

Dapat dilihat dari tabel diatas, pada pengujian di jalan tol yang pertama dengan menggunakan nilai dilation 1, blur 1 dan nilai morphology 1 terdapat banyak kesalahan penghitungan jumlah kendaraan dengan error rate sebesar 75,79% dengan selisih sebanyak 545 kendaraan. Hal ini disebabkan karena nilai dilation, blur dan nilai morphology yang terlalu kecil sehingga threshold yang dihasilkan belum dapat membentuk titik centroid kendaraan yang tepat sehingga menyebabkan banyak piksel foreground yang ikut menjadi background sehingga banyak kendaraan yang tidak terhitung oleh sistem. Hal ini juga dipengaruhi oleh perubahan intensitas cahaya yang masuk kedalam kamera

yang menyebabkan noise yang sangat signifikan terutama setelah kendaraan besar melewati frame.

Kedua menggunakan inputan nilai dilation 7, blur 4 dan nilai morphology 7. Pada pengujian kedua ini didapat error-rate terkecil yakni sebesar 12,51% dengan selisih 90 kendaraan. Pada sebagian besar video inputan, penghitungan jumlah kendaraan sudah mulai membaik.

Pada pengujian ketiga dengan inputan nilai dilation 14, blur 7 dan nilai morphology 14 didapat error rate sebesar 27,81%. Hal ini disebabkan terlalu besarnya nilai filter yang diberikan kepada video sehingga kendaraan yang berdekatan dan berdempetan hanya terhitung menjadi 1 kendaraan.

4.3 Pengujian Akurasi Sistem terhadap Intensitas Cahaya

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Intensitas Cahaya

	No	Kec Nyat a	Kec Siste m	$\Delta K e c$	Akur asi (%)	Rata2 akura si
PAGI	1	95	87	8	91,57	89,67
	2	90	79	11	87,77	
SIANG	3	70	71	1	98,59	96,625
	4	75	71	4	94,66	
SORE	5	110	100	10	90,9	91,365
	6	90	98	8	91,83	
Rata-rata akurasi total						92,55

Pada pengujian dengan inputan berupa video yang diambil di pagi hari didapatkan hasil terendah dengan akurasi sebesar 89,67% dan akurasi tertinggi terdapat di siang hari dengan akurasi sebesar 96,625%, rata-rata akurasi 92,55%. Akurasi tertinggi didapat pada video kedua yaitu dengan rata-rata akurasi sebesar 96,625%. Ini dikarenakan video berada pada kondisi ideal dimana hanya sedikit kendaraan yang memasuki frame secara beriringan maupun berdempetan. Sedangkan pada video ketiga didapat akurasi terendah yaitu dengan rata-rata akurasi sebesar 89,67%. Hal ini terjadi karena terdapat banyak kendaraan yang memasuki frame secara beriringan dan berdempetan, hal ini juga disebabkan oleh kendaraan besar yang melintasi frame sehingga intensitas cahaya yang masuk ke dalam kamera menjadi besar dan kamera melakukan auto kalibrasi diafragma yang bekerja seperti pupil mata. Ini menyebabkan banyak noise yang terjadi

beberapa saat setelahnya dan apabila terdapat kendaraan yang melintas pada rentang waktu tersebut akurasi penghitungan kecepatan kendaraan akan menurun.

Akurasi yang rendah pun akan terjadi pada penghitungan kecepatan kendaraan besar seperti bus dan truk. Hal ini dikarenakan pada saat kendaraan berada pada posisi memasuki startline, morfologi kendaraan akan berukuran besar dan centroid yang terdeteksi pun berada di tengah-tengah kendaraan bagian depan. Sedangkan pada saat kendaraan menjauh dari kamera dan memasuki endline, centroid akan terdeteksi pada bagian belakang kendaraan tersebut. Hal ini menyebabkan sistem akan mentrack kendaraan tersebut beberapa frame lebih banyak dan menyebabkan kecepatan untuk kendaraan besar akan berkurang.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Penentuan nilai filtering yaitu nilai dilation, blur dan morphology sangat menentukan tingkat error-rate dalam penghitungan jumlah kendaraan dan akurasi pada penghitungan kecepatan rata-rata kendaraan. Hal ini dapat dilihat dari tingkat error rate dan akurasi yang beragam pada hasil pengujian yang telah dilakukan.
2. Parameter threshold yang dipilih dengan error rate terkecil yakni 12,51% adalah dengan memasukkan nilai dilation 7, blur 4, dan nilai morphology 7. Apabila nilai filtering lebih kecil maka mengakibatkan kesalahan pendeteksian jumlah kendaraan akibat adanya kendaraan yang hilang atau terbaca oleh sistem sebagai background.. Dan apabila nilai tersebut lebih besar maka akan dihasilkan kesalahan pendeteksian jumlah kendaraan akibat kendaraan yang berdekatan akan terhitung 1 kendaraan.
3. Berdasarkan hasil pengujian terhadap intensitas cahaya, didapatkan hasil yang cukup baik pada siang hari dengan akurasi tertinggi 96,625% dan akurasi terendah sebesar 89,67%.
4. Pada pengujian terakhir, pendeteksian kepadatan kendaraan dengan menggunakan metode GMM dinilai cukup baik. Hal ini dapat dilihat dari tingkat kecocokan antara tingkat kepadatan yang dihasilkan sistem dengan kondisi nyata. Rata-rata selisih penghitungan kecepatan kendaraan hanya 10 km/jam.

5.2 Saran

Pengembangan yang dapat dilakukan untuk menyempurnakan tugas akhir ini adalah

1. Pengambilan video dilakukan dari tempat yang lebih tinggi lagi agar tidak terjadi kesalahan penghitungan baik jumlah maupun kecepatan

kendaraan yang disebabkan kendaraan menutupi sebagian besar frame ketika posisi kendaraan sejajar dengan kamera terutama pada kendaraan besar.

2. Dapat digunakan metode pendeteksian kecepatan kendaraan yang lebih akurat agar didapatkan hasil kepadatan kendaraan yang sesuai dengan kondisi nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gonzales. R.C. and Woods, R.E. 2002, Digital Image Processing, 2nd ed, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- [2] Hartoto, Priyadi., Sistem Deteksi Kendaraan Bermotor pada Real Time Traffic Information System. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Mailany, Masrura. 2012, Pendeteksian Kepadatan Arus Kendaraan Berbasis Sensor Visual, Institut Teknologi Telkom.
- [4] Rad, A. G., Dehghani, Abbas., Karim, M. R., 2010, *Vehicle Speed Detection in Video Image Sequences Using CVS Method*. International Journal Of The Physical Science Vol. 5(17), pp. 2555-2563
- [5] Wu, Jianping. Dkk. 2009, *An Algorithm for Automatic Vehicle Speed Detection using Video Camera*. 4th International Conference on Computer Science & Education
- [6] Peraturan menteri Perhubungan Nomor : Km 14 tahun 2006
- [7] <http://www.scribd.com/doc/33612047/Hubungan-Antar-Pixel> diakses pada 1/11/13 18:38:
- [8] [rakata89.wordpress.com 24/10/13 14.01]