

SIMULASI DAN ANALISIS SISTEM PENGHITUNG KEPADATAN LALU LINTAS DAN KLASIFIKASI KENDARAAN BERBASIS WEBCAM DENGAN METODE BACKGROUND SUBTRACTION

SIMULATION AND ANALYSIS SYSTEM COUNTERS TRAFFIC DENSITY AND CLASSIFICATION WITH WEBCAM BASED BACKGROUND SUBTRACTION

Adrian Kurnia Dewantoro,^[1] Iwan Iwut,S.T, M.T.^[2], Eko Susatio, S.T M.T^[3]
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

Abstrak

Pada Tugas Akhir ini dihitung kepadatan lalu lintas dan kategori jenis kendaraan yang melintas pada suatu ruas jalan di dalam video yang telah diambil sebelumnya secara offline. Video tersebut akan diekstraksi menjadi frame-frame yang kemudian dideteksi gerakan objeknya dengan menggunakan metode background subtraction, menghitung centroid, melakukan tracking centroid, dan thresholding selection. Pengujian sistem dilakukan ke 3(tiga) video uji yaitu video yang pada pagi hari, siang hari, dan sore hari. Video diambil dengan menggunakan webcam yang ditempatkan di atas ruas jalan yang akan diteliti. Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah sebuah sistem yang mampu menghitung kepadatan lalu lintas beserta kategori jenis kendaraan yang melintas pada suatu ruas jalan. Setelah dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibuat, dapat diambil kesimpulan bahwa pemilihan intensitas cahaya, ukuran structuring element erosi, nilai threshold bwareaopen, ukuran structuring element dilasi, dan threshold luas label mempengaruhi tingkat akurasi sistem. Sistem bekerja secara optimal pada sore hari, ukuran structuring element erosi 2x1 piksel, nilai threshold bwareaopen 200, ukuran structuring element dilasi 16x8 piksel, dan nilai threshold luas label 5000 piksel dengan rata-rata akurasi sistem sebesar 94,307%, akurasi penghitung kendaraan sebesar 99,091%, dan akurasi klasifikasi kendaraan sebesar 89,524%

Kata kunci : background subtraction, centroid, jumlah kendaraan, kepadatan lalu lintas, thresholding technique.

Abstract

In this final project calculated the density of traffic and categories of types of vehicles passing on a road in the video previously taken offline. The video will be extracted into frames which are then detected movement of the object by using background subtraction method, calculating a centroid, the centroid tracking, and thresholding selection. System testing is done to three (3) test video is a video in the morning, afternoon, and evening. Video taken by using a webcam placed above the roads that will be examined.

The results of this final project is a system that is able to calculate the density of traffic along the category types of vehicles passing on a road section. After testing of the system has been created, it can be concluded that the election of the light intensity, the size of the structuring element erosion, bwareaopen threshold value, the size of the structuring element dilation, and extensive labeling threshold affects the accuracy of the system. The system works optimally in the afternoon, the size of the structuring element erosion of 2x1 pixels, bwareaopen threshold value of 200, the size of the structuring element dilation 16x8 pixels, and a threshold value of 5000 pixels wide labeling system with an average accuracy 94,307%, accuracy of vehicle counting 99,091%, and accuracy of vehicle classification 89,524%.

Key Word : *background subtraction, centroid, number of vehicles, traffic density, thresholding technique.*

1. Pendahuluan

Meningkatnya volume lalu lintas selama dekade terakhir menimbulkan tantangan besar pada penelitian lalu lintas dan perencanaan [1]. Deteksi, hitung, dan klasifikasi kendaraan dalam video menjadi daerah potensi penelitian karena berbagai aplikasi untuk sistem transportasi cerdas berbasis video [2]. Untuk kebanyakan sistem pengawasan lalu lintas, tahap utama yang digunakan untuk memperkirakan parameter

lalu lintas yang diinginkan, yaitu, deteksi kendaraan, penghitungan, pelacakan, dan klasifikasi [3]. Pengamatan secara manual bisa saja dilakukan, namun tidak efektif. Sistem yang ada sekarang masih sedikit, terbatas untuk jalan protokol di kota-kota besar. Untuk itu dibutuhkan sistem yang mampu untuk membantu manusia dalam pengawasan lalu lintas.

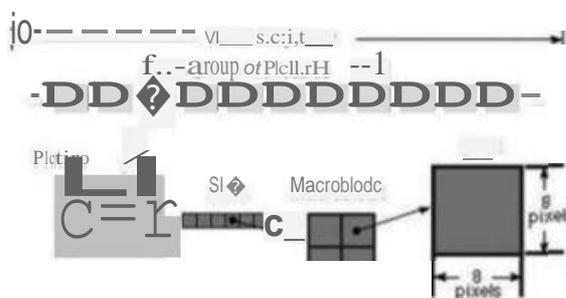
Pada tugas akhir ini akan dilakukan penerapan teknologi pemrosesan video untuk mendapatkan info statistik lalu lintas jalan dengan cara menghitung jumlah kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut, menghitung kecepatan rata-rata kendaraan, mengkategorikan jenis kendaraan yang melintas, serta mengkategorikan jenis kepadatan lalu lintas. Tugas akhir ini akan menggunakan metode background subtraction untuk dapat mendeteksi gerakan objek tersebut. Metode background subtraction adalah suatu metode yang digunakan untuk membedakan antara objek (latar depan) dengan latar belakang. Objek yang bergerak tersebut akan dihitung dan dianalisa untuk mendapatkan angka-angka statistik lalu lintas.

2. Dasar Teori

2.1 Video Digital

Video pada dasarnya merupakan array tiga dimensi. Dua dimensi digunakan untuk menggambarkan ruang pergerakan citra (spatial) dan satu dimensi lainnya menggambarkan waktu. Video digital tersusun atas serangkaian frame yang ditampilkan dengan kecepatan tertentu (frame/detik). Jika laju frame cukup tinggi, maka mata manusia akan melihatnya sebagai rangkaian yang kontinyu.

Setiap frame merupakan gambar atau citra digital. Suatu citra digital direpresentasikan dengan sebuah matriks yang masing-masing elemennya merepresentasikan nilai intensitas atau kedalaman warna.



Gambar 2.1 Struktur Video Digital

2.2 Background Subtraction

Background Subtraction adalah teknik di bidang pengolahan citra dan computer vision di mana latar depan gambar ini diekstrak untuk diproses lebih lanjut (object recognition dll).

Background subtraction merupakan metode yang digunakan untuk deteksi foreground atau memisahkan antara latar depan (objek bergerak) dengan latar belakang.

$$| I(x, y, t) - I(x, y, t-1) | > Th \quad [8]$$

$I(x, y, t)$ = gambar dalam fungsi waktu

Th = threshold

2.4 Thresholding Selection

Parameter kunci dalam thresholding adalah pemilihan nilai ambang batas. Terdapat beberapa metode untuk memilih nilai ambang batas yang ada. Pengguna dapat secara manual memilih nilai ambang batas atau algoritma thresholding dapat menghitung nilai secara otomatis, yang dikenal sebagai thresholding otomatis [11]. Dalam tugas akhir ini, kami menggunakan teknik thresholding pada daerah kendaraan.

2.5 Penghitungan Kepadatan Lalu Lintas

Setelah didapat jumlah kendaraan, maka akan dihitung nilai kepadatan lalu lintas ruas jalan tersebut dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Kepadatan (per menit)} = \frac{I}{t} \times 60$$

$$\text{Kecepatan} = \frac{L}{t}$$

Dimana :

$$t = \frac{L}{v}$$

Nilai *frame rate* video yang digunakan adalah 25fps.

2.5 Klasifikasi Kendaraan

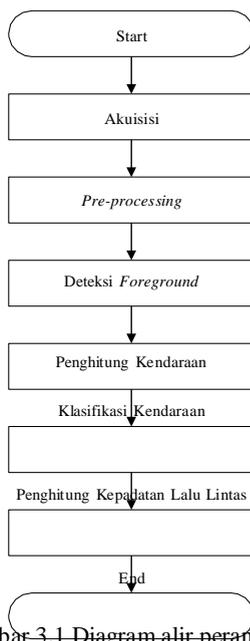
Klasifikasi kendaraan dilakukan dengan teknik *thresholding*. *Thresholding* pada sistem klasifikasi kendaraan menggunakan cara mengukur panjang kendaraan yang akan dianalisa, kemudian kendaraan tersebut akan diklasifikasikan masuk kedalam kategori kendaraan kecil, sedang, atau besar. Adapun kategori kendaraan yang digunakan dalam sistem adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Klasifikasi Kendaraan

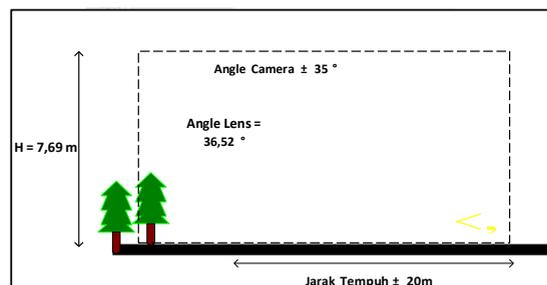
Klasifikasi Kendaraan	Panjang Kendaraan	Contoh
Kecil	< 4,5 m	City Car, Hatchback, Small MPV, Small Sedan, Small Van
Sedang	4,5 m – 4,7 m	Mid-size MPV, Small SUV, Mid-size SUV, Mid-size Sedan, Mid-size Van
Besar	> 4,7 m	Truck, Bus, Large SUV, Large Sedan, Large MPV, Large Van

3. Eksperimen dan Hasil

3.1 Diagram dan Skenario Eksperimen



Gambar 3.1 Diagram alir perancangan sistem



Gambar 3.2 Pengaturan akuisisi video

Sistem penghitung kepadatan lalu lintas ini pada prinsipnya sangat bergantung pada kualitas citra biner yang dihasilkan. Beberapa parameter yang mempengaruhi kualitas citra biner dari video yang akan diteliti,

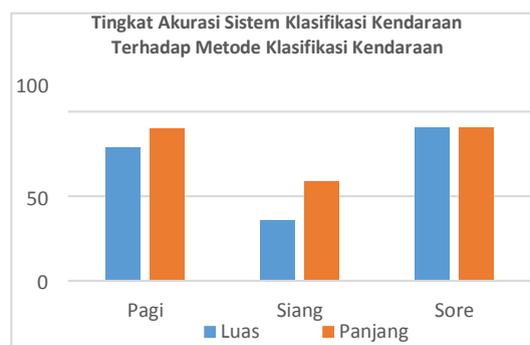
yaitu intensitas cahaya, nilai threshold bwareaopen, nilai lebar structuring element, dan nilai threshold luas label (batas nilai luas suatu label dikatakan sebuah objek).

Untuk setting default awal ukuran structuring element erosi 2x1, nilai threshold bwareaopen adalah 200, lebar structuring element dilasi adalah 16x8 piksel, threshold differentiation 15 dan nilai threshold luas label yang diberikan adalah 5000. Dalam pengujian sistem ini, diberikan 7 buah skenario perubahan nilai atau parameter terhadap video yang akan diolah untuk dapat mengukur keakuratan kinerja sistem dalam menghitung kepadatan lalu lintas, yaitu:

1. Menguji tingkat akurasi sistem klasifikasi kendaraan dengan dua metode yang berbeda, yaitu metode klasifikasi kendaraan dengan menghitung panjang kendaraan, dan metode klasifikasi dengan menghitung luas kendaraan.
2. Menguji tingkat akurasi sistem dengan video masukan yang memiliki intensitas cahaya yang berbeda, yaitu video yang diambil pada pagi hari, siang hari, dan sore hari.
3. Menguji tingkat akurasi sistem dengan video masukan dengan memberikan nilai threshold differentiation yang berbeda. Threshold differentiation yang dipakai untuk pengujian adalah 10, 15, 20, 25, dan 30.
4. Menguji keakuratan kinerja sistem dengan video masukan dengan memberikan nilai lebar *structuring element* untuk proses erosi yang berbeda. Nilai ukuran *structuring element* yang dipakai untuk pengujian adalah 2x1 piksel, 4x2 piksel, 6x3 piksel, 8x4 piksel, dan 10x5 piksel
5. Menguji tingkat akurasi sistem dengan video masukan dengan memberikan nilai threshold bwareaopen yang berbeda. Threshold bwareaopen yang dipakai untuk pengujian adalah 100, 200, 300, 400 dan 500.
6. Menguji keakuratan kinerja sistem dengan video masukan dengan memberikan nilai lebar structuring element dilasi yang berbeda. Nilai ukuran structuring element yang dipakai untuk pengujian adalah 10x5 piksel, 12x6 piksel, 14x7 piksel, 16x8 piksel, dan 18x9 piksel.
7. Menguji keakuratan kinerja sistem dengan video masukan dengan memberikan nilai threshold luas label yang berbeda. Nilai threshold luas label yang dipakai untuk pengujian adalah 3000, 4000, 5000, 6000, dan 7000.

3.2 Hasil-hasil percobaan

3.2.1 Analisis Pengaruh Metode Klasifikasi Kendaraan Terhadap Tingkat Akurasi Sistem Klasifikasi Kendaraan

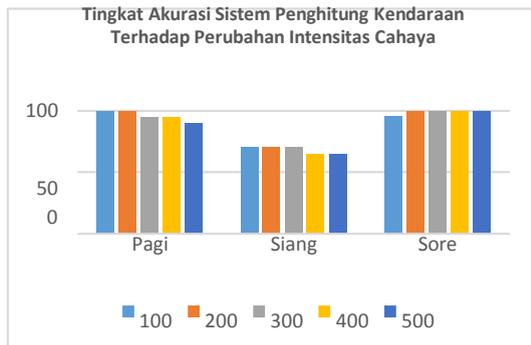


Gambar 3.3 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Klasifikasi Kendaraan Terhadap Metode Klasifikasi Kendaraan

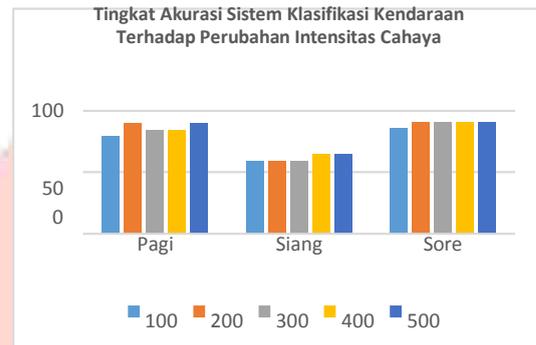
Dari gambar 3.3 dapat kita lihat bahwa metode klasifikasi kendaraan menggunakan metode panjang kendaraan memberikan tingkat akurasi rata-rata sistem sebesar 79,591%. Dan metode klasifikasi kendaraan menggunakan metode luas kendaraan memberikan tingkat akurasi rata-rata sistem sebesar 68,239%.

Karena metode klasifikasi kendaraan menggunakan luas kendaraan hanya efektif apabila pada proses background subtraction didapatkan foreground objek secara optimal. Jika pada proses background subtraction sebuah foreground objek tidak didapatkan hasil yang optimal akan mengakibatkan sistem tidak dapat mengkategorikan objek sesuai threshold masing-masing kategori yang telah ditetapkan. Sedangkan apabila menggunakan metode panjang kendaraan kesalahan tersebut dapat diminimalisir karena sistem hanya mendeteksi panjang objek, dan tidak memperhitungkan keutuhan objek.

3.2.1 Analisis Pengaruh Perubahan Intensitas Cahaya Terhadap Tingkat Akurasi Sistem



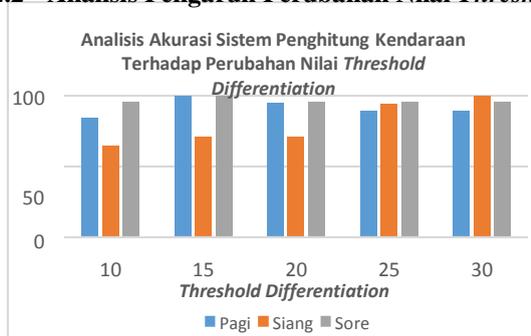
Gambar 3.4 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Penghitug Kendaraan Terhadap Intensitas Cahaya pada Beberapa Nilai *Threshold Bwareaopen*



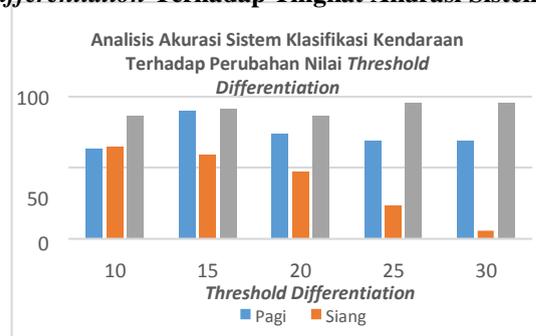
Gambar 3.5 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Klasifikasi Kendaraan Terhadap Intensitas Cahaya pada Beberapa Nilai *Threshold Bwareaopen*

Dari gambar 3.4 dan gambar 3.5 dapat kita lihat bahwa video yang diambil pada sore hari memberikan tingkat akurasi rata-rata sistem penghitug kendaraan sebesar 99,091%, ata-rata sistem penghitug kendaraan sebesar 89,524%, menghasilkan rata-rata akurasi 94,307% dari kelima nilai *threshold bwareaopen* tersebut. Dan video yang diambil pada pagi hari memberikan tingkat akurasi sistem yang lebih baik daripada video yang diambil pada siang hari. Video yang diambil pada pagi hari memberikan tingkat akurasi rata-rata sistem sebesar 90,526%, sedangkan untuk video yang diambil pada siang hari memberikan tingkat akurasi rata-rata sistem sebesar 64,706% untuk kelima nilai *threshold bwareaopen* tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan nilai intensitas cahaya sangat mempengaruhi kinerja sistem.

3.2.2 Analisis Pengaruh Perubahan Nilai *Threshold Differentiation* Terhadap Tingkat Akurasi Sistem



Gambar 3.6 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Penghitug Kendaraan Terhadap Beberapa Nilai *Threshold Differentiation*

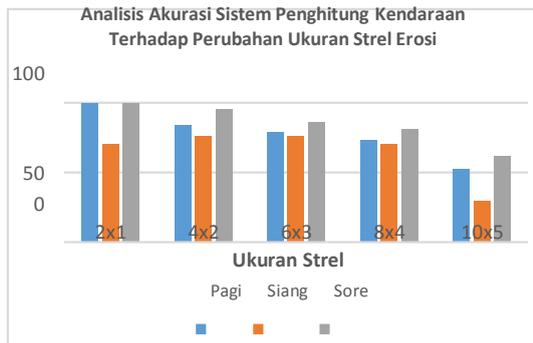


Gambar 3.7 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Klasifikasi Kendaraan Terhadap Nilai *Threshold Differentiation*

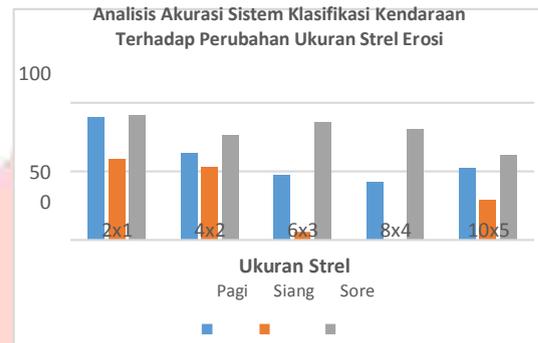
Dari hasil simulasi yang diperoleh seperti yang ditampilkan pada gambar 3.6 dan gambar 3.7, dapat diperoleh bahwa nilai *threshold differentiation* 15 memberikan hasil yang paling baik dengan tingkat akurasi rata-rata sistem penghitug kendaraan sebesar 90,196%, rata-rata sistem penghitug kendaraan sebesar 79,591%, dan menghasilkan rata-rata akurasi 84,894% untuk semua jenis video uji. Sedangkan untuk nilai *threshold bwareaopen* 10, 20, 25, dan 30, tingkat akurasi rata-rata sistemnya berturut-turut adalah 76,325%, 77,837%, 77,670%, dan 75,709%.

Nilai *threshold differentiation* 15 memberikan kinerja sistem yang paling akurat karena proses *pre-processing* terhadap citra biner menjadi optimal. *Threshold differentiation* mempunyai pengaruh pada hasil pengujian dimana *threshold differentiation* berhubungan dengan kepekaan kamera dalam mendeteksi objek, semakin rendah nilai *threshold differentiation* maka semakin tinggi kepekaan kamera. Karena perubahan cahaya sekitar dianggap gerakan maka tidak akan efektif apabila nilai *threshold differentiation* terlalu rendah. Sedangkan semakin tinggi *threshold differentiation* maka semakin rendah kepekaan kamera sehingga kamera sulit untuk mendeteksi gerakan.

3.2.3 Analisis Pengaruh Perubahan Ukuran Structuring Element Erosi Terhadap Tingkat Akurasi Sistem



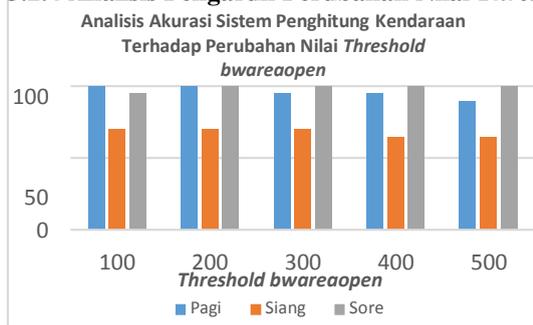
Gambar 3.8 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Penghitug Kendaraan Terhadap Ukuran Structuring Element Erosi



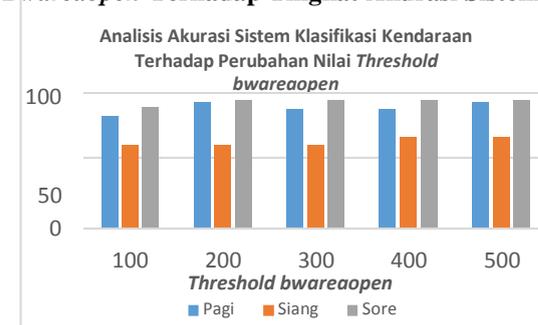
Gambar 3.9 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Klasifikasi Kendaraan Terhadap Ukuran Structuring Element Erosi

Dari gambar 3.8 dan 3.9 dapat kita lihat bahwa ukuran *structuring element* erosi yang memberikan akurasi yang cukup baik bagi kinerja sistem adalah pada ukuran 2x1 piksel. Dengan tingkat rata-rata sistem penghitug kendaraan sebesar 90,196%, rata-rata sistem penghitug kendaraan sebesar 79,591%, dan menghasilkan rata-rata akurasi 84,894% untuk semua jenis video uji. Sedangkan ukuran *structuring element* erosi 4x2 piksel, 6x3 piksel, 8x4, dan 10x5 piksel, sistem memberikan akurasi sebesar 74,701%, 63,350%, 58,047%, dan 47,983%. Mengingat bahwa ukuran *structuring element* erosi tidak perlu terlalu besar, maka ukuran *structuring element* erosi yang baik untuk dipakai oleh sistem adalah 2x1 piksel dengan tingkat akurasi rata-rata sistem 84,894%.

3.2.4 Analisis Pengaruh Perubahan Nilai Threshold Bwareaopen Terhadap Tingkat Akurasi Sistem



Gambar 3.10 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Penghitug Kendaraan Terhadap Nilai Threshold Bwareaopen

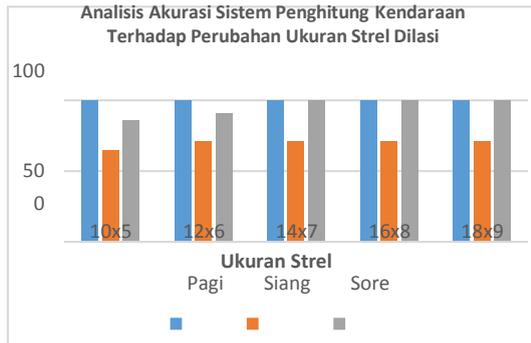


Gambar 3.11 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Klasifikasi Kendaraan Terhadap Nilai Threshold Bwareaopen

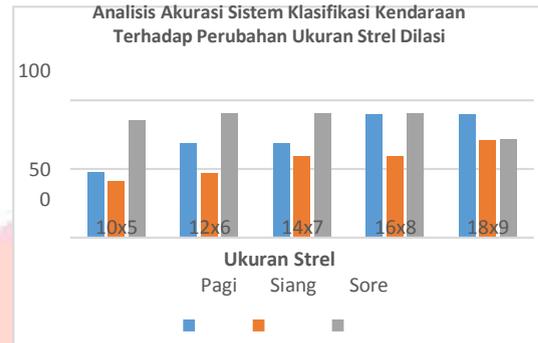
Dari hasil simulasi yang diperoleh seperti yang ditampilkan pada gambar 3.10 dan gambar 3.11, dapat diperoleh bahwa *threshold Bwareaopen* 200 memberikan hasil yang paling baik dengan tingkat rata-rata sistem penghitug kendaraan sebesar 90,196%, rata-rata sistem penghitug kendaraan sebesar 79,591%, dan menghasilkan rata-rata akurasi 84,894% untuk semua jenis video uji. Untuk nilai *threshold Bwareaopen* 300, 400, dan 500, menghasilkan tingkat akurasi yang sama yaitu 83,139%. Sedangkan untuk nilai *threshold Bwareaopen* 100 menghasilkan tingkat akurasi 81,588%.

Nilai *threshold Bwareaopen* 200 memberikan kinerja sistem yang paling akurat karena proses *filtering* terhadap citra biner terhadap citra biner menjadi optimal. Banyak objek-objek kecil yang bukan merupakan kendaraan dapat dihilangkan, sehingga plot centroid dan deteksi centroid sudah optimal.

3.2.5 Analisis Pengaruh Perubahan Ukuran *Structuring Element* Dilasi Terhadap Tingkat Akurasi Sistem



Gambar 3.12 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Penghitungan Kendaraan Terhadap Ukuran *Structuring Element* Dilasi

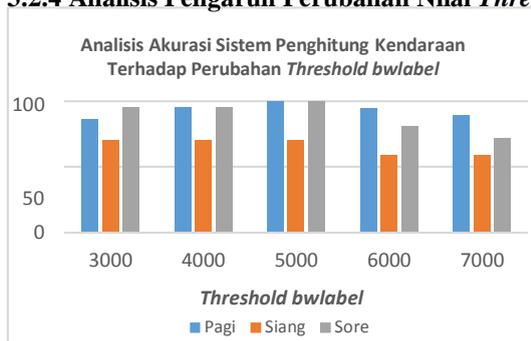


Gambar 3.13 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Klasifikasi Kendaraan Terhadap Ukuran *Structuring Element* Dilasi

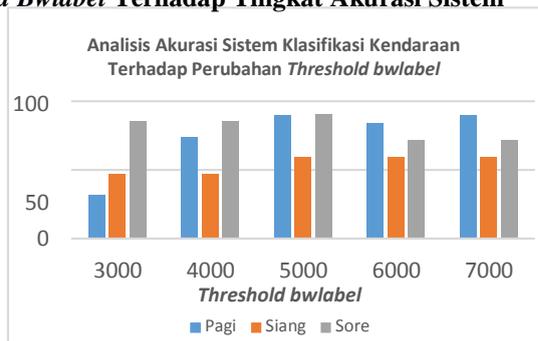
Dari gambar 3.12 dan 3.13 dapat kita lihat bahwa ukuran *structuring element* yang memberikan akurasi yang cukup baik bagi kinerja sistem adalah pada ukuran 16x8. Dengan tingkat rata-rata sistem penghitungan kendaraan sebesar 90,196%, rata-rata sistem penghitungan kendaraan sebesar 79,591%, dan menghasilkan rata-rata akurasi 84,894% untuk semua jenis video uji. Sedangkan ukuran *structuring element* 10x5 piksel, 12x6 piksel, 14x7 piksel, dan 18x9 piksel, sistem memberikan akurasi sebesar 65,207%, 68,129%, 73,328, dan 76,082%.

Mengingat bahwa ukuran *structuring element* tidak perlu terlalu besar, maka ukuran *structuring element* yang baik untuk dipakai oleh sistem adalah 16x8 piksel dengan tingkat akurasi rata-rata sistem 84,894%.

3.2.4 Analisis Pengaruh Perubahan Nilai *Threshold Bwlabel* Terhadap Tingkat Akurasi Sistem



Gambar 3.14 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Penghitungan Kendaraan Terhadap Perubahan *Threshold Bwlabel*



Gambar 3.15 Grafik Tingkat Akurasi Sistem Klasifikasi Kendaraan Terhadap Perubahan *Threshold Bwlabel*

Dari gambar 3.14 dan 3.15 dapat kita lihat bahwa nilai threshold luas label yang menghasilkan akurasi sistem terbesar adalah di nilai 5000 piksel. Tingkat rata-rata sistem penghitungan kendaraan sebesar 90,196%, rata-rata sistem penghitungan kendaraan sebesar 79,591%, dan menghasilkan rata-rata akurasi 84,894% untuk semua jenis video uji. Sedangkan pada nilai threshold luas label 3000, 4000, 6000, dan 7000 piksel tingkat akurasi rata-rata sistem hanya sebesar 69,460%, 77,917%, 74,829%, dan 73,242%.

Ini berarti bahwa pada penggunaan nilai threshold luas label 5000 piksel, sistem memberikan kinerja optimal, yaitu berhasil dalam menggolongkan suatu label tersebut sebagai objek (kendaraan) atau hanya noise (objek-objek kecil selain kendaraan, bisa berupa pecahan objek ataupun pergerakan objek-objek kecil yang bukan merupakan kendaraan).

3 Kesimpulan

Sistem mendapatkan rata-rata akurasi penghitungan kendaraan sebesar 90,196%, dan rata-rata akurasi klasifikasi kendaraan sebesar 79,591%.

Metode klasifikasi kendaraan yang paling baik adalah metode klasifikasi kendaraan dengan menghitung panjang kendaraan dengan rata-rata akurasi sistem 79,591%. Karena metode klasifikasi kendaraan menggunakan luas kendaraan hanya efektif apabila pada proses background subtraction didapatkan foreground objek secara

optimal. Sedangkan apabila menggunakan metode panjang kendaraan kesalahan tersebut dapat diminimalisir karena sistem hanya mendeteksi panjang objek, dan tidak memperhitungkan keutuhan objek.

Pengambilan video yang paling baik adalah pengambilan video pada sore hari dengan tingkat akurasi rata-rata 84,894%. Hal ini dikarenakan video pada siang hari memiliki intensitas cahaya yang cukup tinggi dan tidak terlalu banyak menimbulkan pantulan sehingga sistem mampu melakukan proses pendeteksian objek (foreground) atau membedakan objek (foreground) dengan latar belakang (background) secara optimal.

Nilai threshold differentiation yang paling baik untuk dipakai sistem adalah 15 dengan tingkat akurasi rata-rata sistem 84,894%. Karena proses pre-processing terhadap citra biner menjadi optimal. Dengan nilai threshold differentiation yang tepat yaitu tidak terlalu kecil dan terlalu besar akan berpengaruh terhadap banyaknya objek yang terdeteksi sebagai objek foreground (latar depan).

Nilai lebar structuring element erosi yang paling baik untuk dipakai pada saat dilakukan proses dilasi adalah 2x1 piksel dengan tingkat akurasi rata-rata sistem 84,894%. Hal ini dikarenakan proses erosi sistem dengan menggunakan ukuran structuring element 2x1 sudah optimal dalam mengikis objek-objek yang tidak diperlukan setelah dikonversi kedalam citra biner.

Nilai threshold bwareopen yang paling baik untuk dipakai sistem adalah 200 dengan tingkat rata-rata sistem 84,894%. Hal ini dikarenakan nilai threshold filtering menggunakan bwareopen ini telah cukup untuk membuang noise (objek-objek kecil yang bukan merupakan kendaraan), dan tidak terlalu besar yang dapat menyebabkan objek-objek tidak terdeteksi.

Nilai lebar structuring element dilasi yang paling baik untuk dipakai pada saat dilakukan proses dilasi adalah 16x8 piksel dengan tingkat akurasi rata-rata sistem 84,894%. Hal ini dikarenakan proses dilasi sistem dengan menggunakan ukuran structuring element 16x8 sudah optimal dalam menghubungkan kembali objek-objek yang terpecah setelah dikonversi kedalam citra biner.

Nilai threshold luas label yang paling baik untuk dipakai oleh sistem adalah 5000 piksel dengan tingkat akurasi rata-rata sistem 84,894%. Hal ini dikarenakan sistem telah fokus dalam mendeteksi suatu kendaraan, artinya sistem mengidentifikasi sebuah label sebagai sebuah kendaraan jika nilai luas label diatas 5000 piksel.

Sistem tidak dapat mendeteksi objek yang memiliki warna yang hampir sama dengan *background* tidak akan terdeteksi sebagai sebuah objek *foreground*, sehingga walaupun objek tersebut bergerak sistem tidak dapat mendeteksi objek tersebut.

Perubahan cahaya akan dianggap sebagai objek yang bergerak oleh sistem. Misalnya perubahan cahaya yang dihasilkan dari pantulan cahaya dari kendaraan yang melintas.

4 Referensi

- [1] J. Leitloff, S. Hinz dan U. Stilla, "Vehicle Detection In Very High Resolution Satellite Images Of City Areas," Transactions On Geoscience And Remote Sensing, vol. 48, no. 7, 2010.
- [2] N. C. Mithun, N. U. Rashid dan S. M. M. Rahman, "Detection and Classification Of Vehicles From Video Using Multiple Time-Spatial Images," IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems, vol. 13, no. 3, September 2012.
- [3] J.-W. Hsieh, S.-H. Yu, Y.-S. Chen dan W.-F. Hu, "Automatic Traffic Surveillance System For Vehicle Tracking And Classification," IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems, vol. 7, no. 2, Juni 2006.
- [4] M. B. W, Simulasi Dan Analisis Sistem Penghitung Kepadatan Lalu Lintas Berbasis Kamera Digital Dan Pengolahan Citra Digital, Bandung: Institut Teknologi Telkom, 2010.
- [5] S. A. Meshram dan A.V.Malviya, "Traffic Surveillance by Counting and Classification of Vehicles from Video using Image Processing," IJARCSMS, vol. I, no. 6, pp. 169-175, 2013.
- [6] N. W. Prasetya, "Kompresi Video Menggunakan Motion Compensation Dan Transformasi Wavelet Dengan Metode Kuantisasi Vektor," Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2009.
- [7] K. A. Wulandari, Estimasi Parameter Geometris Obyek Tiga Dimensi dengan Dual Kamera Berbasis Pengolahan Citra, Bandung: Institut Teknologi Telkom, 2009.
- [8] B. Tamersoy, Background Subtraction, Texas: The University of Texas, 2009.
- [9] B. Hermanto, Implementasi Perhitungan Kecepatan Objek Bergerak Berbasis Webcam dan Pengolahan Citra Digital, Bandung: Institut Teknologi Telkom, 2009.
- [10] A. Murni dan D. Chahyati, Pengolahan Citra Digital : Morfologi Citra, 2002.
- [11] Francis H. Y. Chan, F. K. Lam, dan Hui Zhu, "Adaptive Thresholding By Variational Method," IEEE Transactions On Image Processing, vol. 7, no. 3, March 1998.