

Perancangan Sistem Deteksi Kecepatan Kendaraan Dengan Metode Optical Flow

Frins Carlos ¹⁾, Lestari Margatama ²⁾, Indra Riyanto ³⁾

^{1,3)} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur
Jl. Ciledug Raya, Petukangan Utara, Jakarta Selatan, 12260

²⁾ Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur
Jl. Ciledug Raya, Petukangan Utara, Jakarta Selatan, 12260

Email: 1652500164@budiluhur.ac.id ¹⁾, lestari.margatama@budiluhur.ac.id ²⁾, indra.riyanto@budiluhur.ac.id ³⁾

Abstrak — Tingkat kesadaran pengendara kendaraan bermotor dalam mengendalikan kecepatan secara umum masih rendah, hal ini terlihat dari masih tingginya pelanggaran batas kecepatan laju kendaraan terutama ketika di jalan bebas hambatan. Kondisi tersebut bisa membahayakan keselamatan diri pengendara dan pengendara lain sehingga diperlukan upaya penertiban. Sebagai pendukung upaya tersebut, pada tugas akhir ini akan merancang sistem pendeteksi kecepatan menggunakan metode optical flow dengan algoritma Lucas Kanade. Optical flow adalah perkiraan gerakan suatu bagian dari sebuah citra berdasarkan turunan intensitas cahayanya pada sebuah citra yang dapat mengetahui pergerakan suatu piksel dari frame ke frame berdasarkan nilai intensitas. Pada perancangan sistem ini akan dipasang kamera yang di letakan pada tiang dengan ketinggian kurang lebih 5 meter dan pengaturan sudut sejajar dengan kendaraan yang melintas. Objek dari tugas akhir ini adalah video dari jalan yang menggunakan beberapa langkah yaitu: motion detection, pelacakan fitur dengan algoritma Lucas-Kanade, dan menghitung kecepatan dari objek yang diperoleh dari nilai optical flow. Hasil yang didapatkan adalah pendeteksian kecepatan kendaraan pada satu segmen jalan tol menggunakan video dengan tingkat akurasi 82.5% hingga 95.5% untuk kecepatan kendaraan di atas 100 km/jam.

Kata kunci: Optical Flow, Algoritma Lucas-Kanade, kecepatan kendaraan, motion detection

Abstract — *The level of awareness of motorists in controlling speed in general is still low, this can be seen from still exceeding the vehicle speed limit, especially when on the freeway. This condition can endanger the safety of the driver and other motorists so that enforcement efforts. As a supporter of these efforts, in this final project will design a speed detection system using the optical flow method with the Lucas Kanade algorithm. Optical flow is the movement of a part of an image based on the intensity of*

the light in an image that can identify a pixel from frame to frame based on the intensity value. In the design of this system, a camera will be installed which is placed on a pole with a height of approximately 5 meters and an angle setting parallel to the passing vehicle. The object of this final project is a video of the road that uses several steps, namely: motion detection, features with the Lucas-Kanade algorithm, and calculating the speed of the object obtained from the optical flow value. The results obtained are vehicle speeds on one toll road segment using video with an accuracy rate of 82.5% to 95.5% for vehicle speeds above 100 km/hour.

Keywords: *Optical Flow, Lucas-Kanade Algorithm, vehicle speed, motion detection*

I. PENDAHULUAN

Kendaraan di Indonesia terus berkembang jumlah maupun kualitas mesinnya, melihat perkembangan yang ada dari kepadatan lalu lintas tersebut, semakin banyak ditemukan fakta yang menunjukkan bahwa jalan justru menjadi tempat pelanggaran yang sering dilakukan oleh pengguna jalan [1]. Faktor pelanggaran yang sering dilakukan pengendara adalah kebut-kebutan di jalan tanpa memperhatikan batas kecepatan yang berlaku. Batas kecepatan yang sering dilanggar tersebut Batas Kecepatan pada kendaraan bermotor di Indonesia diatur dalam peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 111 Tahun 2015, yaitu batas kecepatan di jalan tol luar kota tidak lebih dari 100 km/jam. Batas kecepatan di jalan tol dalam kota yang diperbolehkan berkisar antara 60 km/jam sampai dengan 80 km/jam. Begitu pula ketika kendaraan bermotor di jalan perkotaan berkisar 50 km/jam dan apabila di jalan pemukiman maksimal kecepatan yang diperbolehkan maksimal adalah 30 km/jam. Peran peraturan Menteri Perhubungan serta memasang memasang rambu-rambu serta batas kecepatan pada zona jalan, masih kurang membuat kesadaran masyarakat bertambah. Dalam hal ini sangat diperlukan peningkatan pemanfaatan sistem pengawasan. Salah satu sistem yang diperlukan adalah sebuah sistem pemantau

kecepatan kendaraan yang bekerja secara otomatis dalam mendukung upaya mewujudkan ketaatan peengendara dan penindakan pelanggaran kecepatan dalam lalu lintas.

Usaha untuk mendeteksi kecepatan kendaraan yang bergerak dari video rekaman telah dilakukan dengan berbagai metode, antara lain metode frame difference yang dilakukan oleh Tsani dkk. [2], serta Romli dengan menggunakan metode Improved Three Frame Difference dan background-foreground [3], dan metode Time Average Background Image (TABI) oleh Eko dkk. yang mampu menghitung kecepatan kendaraan yang bergerak dengan cukup akurat selama kendaraan tersebut tetap berada dalam lajur jalan yang ditandai. dengan keakuratan sistem yang dibangun sebesar 89,7% [4]. Metode Optical flow dikembangkan untuk melakukan estimasi kecepatan kendaraan dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil uji coba yang sudah dilakukan oleh Andrew dkk. serta Fauzi dkk. untuk kendaraan dengan kecepatan relatif konstan hingga kecepatan 20 km/jam berhasil mengidentifikasi kecepatan mobil pada pengujian dengan video yang mempunyai resolusi 1280 x 720 piksel dan frame rate 30 FPS [5], [6].

Sebagai alternatif solusi dari permasalahan tersebut, dibuatlah sebuah sistem pendeteksi kecepatan kendaraan dengan memanfaatkan pengolahan video. Dengan adanya motion detection ini akan dapat ditentukan arah maupun jumlah objek yang bergerak pada suatu video. Metode yang digunakan dalam sistem ini diantaranya adalah metode optical flow dengan algoritma Lucas-Kanade.

II. METODE DETEKSI KECEPATAN

Alat pengukur kecepatan kendaraan adalah suatu media yang digunakan untuk mengetahui kecepatan suatu objek tertentu. Alat tersebut dapat berupa suatu rancangan hardware yang terdiri atas beberapa sensor maupun software yang diperlukan untuk dapat mendeteksi kecepatan pada suatu objek. Estimasi gerak dan kompresi video telah dikembangkan berdasarkan penelitian optical flow. Bidang optical flow secara umum mirip dengan dense motion field yang berasal dari teknik estimasi gerak. Optical flow adalah studi tentang penentuan medan aliran juga penggunaannya dalam memperkirakan sifat tiga dimensi dan strukturnya, serta gerakan 3 dimensi antara objek dan pengamat relatif terhadap bidang pengamatan [7].

Motion dection dalam penelitian ini berfungsi untuk mendeteksi adanya pergerakan objek dalam video.

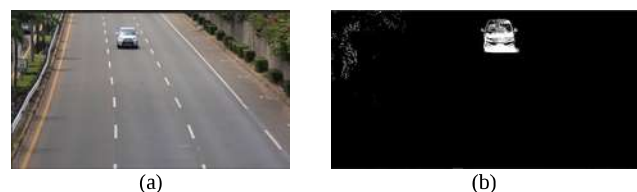
II.1. Metode Optical Flow

Optical Flow (OF) adalah distribusi kecepatan semu dari pergerakan pola kecerahan dalam sebuah gambar. Aliran optik dapat timbul dari gerakan relatif objek dan pengamat.

Akibatnya, OF dapat memberikan informasi penting tentang pengaturan spasial objek yang dilihat dan laju perubahan susunan objek. Diskontinuitas dalam OF dapat membantu dalam mengelompokkan gambar ke dalam wilayah yang sesuai dengan objek yang berbeda. OF memberikan deskripsi gerakan dan dapat menjadi kontribusi yang berharga untuk interpretasi gambar bahkan jika tidak ada parameter kuantitatif yang diperoleh dari analisis gerakan. OF dapat digunakan untuk mempelajari berbagai macam gerakan: pengamat bergerak dan benda statis, pengamat statis dan benda bergerak, atau keduanya bergerak. Analisis aliran optik tidak menghasilkan lintasan gerak, sebaliknya, sifat gerak yang lebih umum terdeteksi yang secara signifikan dapat meningkatkan keandalan analisis gambar dinamis kompleks [8]. Gerak, seperti yang terlihat dalam gambar dinamis, biasanya merupakan kombinasi dari empat elemen dasar:

- Pergeseran pada jarak konstan dari pengamat.
- Pergeseran secara mendalam relatif terhadap pengamat.
- Rotasi pada jarak konstan tentang sumbu pengamatan.
- Rotasi benda planar tegak lurus terhadap sumbu pengamatan.

Optical flow didefinisikan sebagai kecepatan bergerak dari target dalam gray mode atau gerakan yang terlihat karena adanya pola image brightness dengan mengasumsikan bahwa brightness tiap citra konstan dari waktu ke waktu, piksel bergerak tidak terlalu jauh antar citra, dan piksel yang bertetangga bergerak ke arah yang sama. Optical Flow juga sangat terkenal sebagai metode untuk computer vision dimana komputer bisa berkomunikasi langsung dengan manusia dengan menggunakan webcam sebagai interface nya. Selain itu juga dapat diaplikasikan untuk pembuatan sistem video pengamatan yang dapat digunakan untuk memonitoring trafik lalu lintas, menghitung kecepatan kendaraan dalam video pengamatan, dan lain sebagainya. Gambar 1 menunjukkan pemisahan citra asli menjadi latar belakang dari suatu objek yang bergerak dan citra foreground sebagai gambaran objek bergerak yang terdeteksi



Gambar 1: Hasil pemisahan citra: (a) citra asli, (b) citra foreground

OF pada deteksi objek bergerak adalah memperkirakan gerakan suatu bagian dari sebuah citra berdasarkan intensitas cahaya pada sebuah sekuen citra. Metode optical flow mempunyai dua asumsi dalam pendeteksi vektor pergerakannya. Asumsi pertama optical flow mengasumsikan bahwa aliran atau flow atau intensitas cahaya pada pixel yang bergerak ke frame selanjutnya adalah konstan seperti pada persamaan (1) sampai (3).

$$d_{pixel} = \sqrt{[location_2(0) - location_1(0)]^2 + [location_2(1) - location_1(1)]^2} \quad (1)$$

$$d_{meter} = \frac{d_{pixel}}{ppm} \quad (2)$$

$$speed = d_{meter} \cdot fps \cdot 3,6 \quad (3)$$

dimana:

d_{pixel} = resolusi diagonal dalam satuan piksel

$location_2$ = resolusi lebar (horisontal) layar dalam satuan pixel

ppm = resolusi tinggi (vertikal) layar dalam satuan pixel

d_{meter} = ukuran diagonal dalam satuan inci

$speed$ = panjang seluruh pixel

fps = kecepatan frame per second

Penentuan optical flow diselesaikan dengan perhitungan turunan parsial dari sinyal gambar. Terdapat dua metode yang banyak digunakan, yaitu:

- Lucas-Kanade
- Horn-Schunck

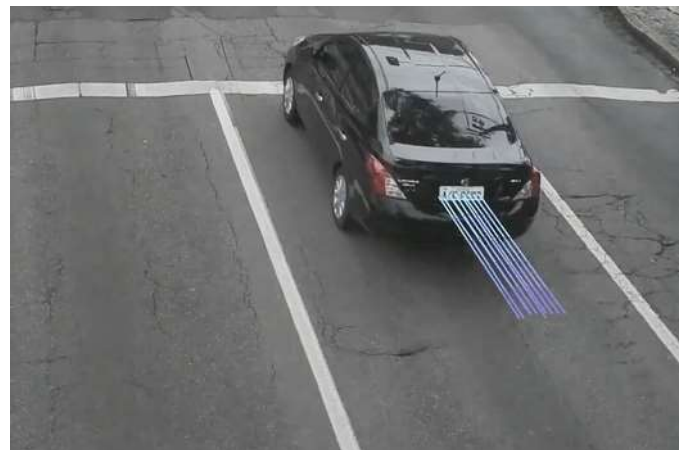
II.2. Algoritma Lucas-Kanade

Salah satu metode yang lebih populer untuk perhitungan aliran optik adalah teknik diferensial lokal yang dikembangkan oleh Lucas dan Kanade. Metode ini melibatkan pemecahan untuk vektor aliran optik dengan mengasumsikan bahwa vektor akan serupa dengan lingkungan kecil yang mengelilingi piksel. Ini menggunakan metode kuadrat terkecil tertimbang untuk mendekati aliran optik pada piksel (x, y) [7].

Algoritma Lucas-Kanade merupakan perpindahan konten gambar antara dua instan terdekat dan konstan dalam lingkungan titik yang dipertimbangkan. Algoritma Lucas-Kanade mengasumsikan titik yang dilacak dan titik tetangga dari titik yang dilacak memiliki nilai intensitas yang sama. Lucas Kanade memiliki perpindahan posisi titik yang dilacak dari frame ke frame adalah kecil. Posisi, arah gerak, besar pergerakan yang dilakukan dan kecepatan gerak dari titik yang dilacak pada frame dapat diukur [9]

Teknik ini memiliki banyak keuntungan. Pertama, dukungan untuk vektor aliran bersifat lokal daripada global seperti teknik berulang dari Horn dan Schunk. Artinya perkiraan yang baik tanpa harus bergantung pada keseluruhan gambar. Untuk beberapa gambar dengan daerah homogen yang besar, metode global dapat menghasilkan hasil yang memuaskan tetapi untuk sebagian besar kasus, vektor aliran dari daerah yang berbeda seharusnya tidak mempengaruhi daerah yang terpisah. Teknik iteratif seperti Horn dan Schunk memungkinkan informasi vektor menyebar ke seluruh gambar ke wilayah yang mungkin berbeda. Penguatan persamaan kendala dapat berfungsi untuk mengurangi ini, tetapi masalahnya tetap ada. Dapat diibaratkan seperti dua objek yang saling menghalangi lewat, keduanya dengan gradien spasial yang sama tetapi dengan komponen ortogonal yang berbeda [7].

Pelacakan objek dibutuhkan untuk membuat mengidentifikasi objek yang melintas dalam satu frame. Pelacakan objek memandang aspek kecepatan durasi waktu dalam mengidentifikasi objek, ketepatan dalam mengidentifikasi wujud objek, dimensi resolusi objek yang digunakan, letak kamera dikala pengambilan objek dan keahlian algoritma filtering yang digunakan untuk mengurangi noise yang terdapat disekitar objek, baik background subtraction ataupun foreground [10]. Gambar 2 menunjukkan ilustrasi OF menggunakan algoritma Lucas-Kanade.



Gambar 2: Ilustrasi metode Lucas Kanade [10]

Algoritma Lucas-Kanade mengasumsikan kalau perpindahan isi gambar antara 2 frame terdekat adalah kecil dan mendekati konstan dalam area titik pengamatan. Dengan demikian persamaan OF dapat diasumsikan berlaku untuk seluruh pixel dalam sebuah matriks window yang berpusat di titik p . Vektor aliran yang menyatakan kecepatan gambar V_x, V_y harus memenuhi persamaan (4):

$$\begin{aligned} I_x(q_1)V_x + I_y(q_1)V_y &= -I_t(q_1) \\ I_x(q_2)V_x + I_y(q_2)V_y &= -I_t(q_2) \\ &\vdots \end{aligned} \quad (4)$$

$$I_x(q_n)V_x + I_y(q_n)V_y = -I_t(q_n)$$

Dimana q_1, q_2, \dots, q_n adalah pixel di dalam jendela, dan $I_x(q_i), I_y(q_i), I_t(q_i)$ adalah turunan parsial dari gambar I terhadap posisi x, y dan waktu t , dievaluasi pada titik dan pada saat ini [11]. Persamaan ini bila dinyatakan dalam bentuk matriks menjadi

$$A = \begin{bmatrix} I_x(q_1) & I_y(q_1) \\ I_x(q_2) & I_y(q_2) \\ \vdots & \vdots \\ I_x(q_n) & I_y(q_n) \end{bmatrix} \quad v = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} -I_t(q_1) \\ -I_t(q_2) \\ \vdots \\ -I_t(q_n) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Sistem berbentuk matriks seringkali memiliki lebih banyak persamaan yang tidak diketahui sehingga sering terjadi overfitting. Metode Lucas-Kanade menghasilkan solusi dengan prinsip kuadrat terkecil pada matriks orde dua $A^T A v = A^T b$ atau $v = (A^T A)^{-1} A^T b$, dimana A^T adalah transpose matriks A sehingga matriks pada persamaan (5) menjadi:

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i I_x(q_i)^2 & \sum_i I_x(q_i)I_y(q_i) \\ \sum_i I_y(q_i)I_x(q_i) & \sum_i I_y(q_i)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\sum_i I_x(q_i)I_t(q_i) \\ -\sum_i I_y(q_i)I_t(q_i) \end{bmatrix} \quad (6)$$

dengan titik pusat pixel adalah matriks inversnya dan iterasi berhingga untuk $i = 1$ hingga n [12].

II.3. Region of Interest (ROI)

Region of Interest (ROI) merupakan salah satu proses pengolahan citra dimana pengguna mampu mengolah citra yang mengandung informasi data citra yang dikehendaki. ROI bekerja dalam pengkodean secara berbeda pada area tertentu dari citra digital sehingga kualitas yang lebih baik dari area sekitarnya. Proses ini sangat penting bila terdapat area tertentu dari citra yang dirasa lebih penting dari bagian lainnya. Area penting tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk pengolahan dengan metode tertentu sesuai dengan keperluan penggunaan [13].

ROI adalah daerah bagian dari citra atau frame yang akan diproses pada sistem ini. Pemilihan ROI ini bertujuan untuk memudahkan dan membantu program dalam menspesifikasikan kebutuhan program. Ukuran ROI pada sistem ini dianjurkan memuat setengah dari ukuran frame inputan. Sehingga dapat menangkap objek kendaraan secara utuh dan hasil yang diinginkan lebih akurat dan lebih efisien. Hal ini dikarenakan program hanya mengolah informasi dari bagian piksel yang dibutuhkan saja yaitu ROI. ROI yang diambil dari satu set data untuk tujuan tertentu dan merupakan bagian dari keseluruhan yang dipilih untuk dilakukan suatu operasi. Terdapat beragam tujuan penerapan ROI seperti mengurangi gangguan pada operasi dengan tidak melibatkan

bagian yang terdapat gangguan pada pemilihan ROI, memperkecil ukuran data sehingga suatu operasi berjalan lebih cepat, dan lainnya.

II.4. Deteksi Lingkaran induktif

Deteksi lingkaran induktif yaitu bagian dari motion detection yang berfungsi untuk mendeteksi adanya pergerakan objek dalam video sedangkan speed detection berfungsi untuk menentukan kecepatan objek dalam hal ini kendaraan yang di tangkap oleh web kamera secara real time. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3, deteksi lingkaran induktif merupakan proses untuk mengkonfirmasi perubahan posisi dari suatu objek relatif terhadap sekitarnya atau perubahan dalam lingkungan relatif terhadap suatu objek. Deteksi gerak ini dapat dibuat melalui metode mekanik dan elektronik [14].

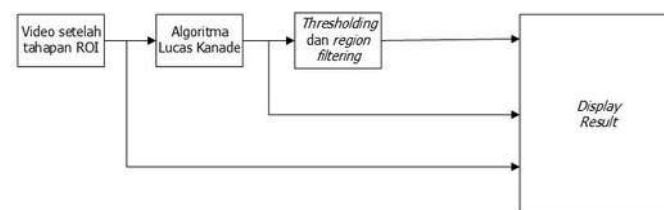


Gambar 3: Deteksi lingkaran induktif

III. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Sistem ini memiliki input berupa video digital offline, video rekaman kendaraan di jalan tol yang diambil memakai kamera digital. Deteksi kecepatan kendaraan bergerak ialah langkah akhir dari seluruh proses, dengan tujuan memperoleh data berupa kecepatan kendaraan tersebut dalam satuan kilometer/jam. Setelah didapatkan skala (m/pixel) serta nilai rata-rata optical flow dari algoritma Lucas Kanade hingga dapat dideteksi kecepatannya.

Tahapan algoritma Lucas Kanade dalam mengidentifikasi objek pada Gambar 4. Terdiri dari memastikan nilai Function Block Parameter yang membuat nilai $n=1$ pada frame, membuat nilai optical flow antara current frame serta N frame back, lalu Thresholding serta Region Filtering.

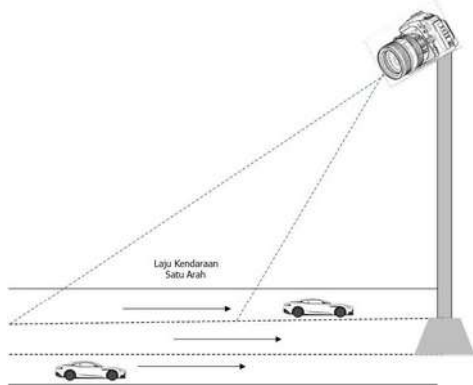


Gambar 4: Tahapan algoritma Lucas-Kanade

Thresholding membuat video menjadi berbentuk biner dengan menggunakan Mean Velocity Threshold pada nilai tiap frame. Median Filter memisahkan hasil segmentasi video biner dari noise, menyaring dan menghilangkan noise yang terdapat pada video. Region Filtering sebagai ekstraksi analisis untuk matriks serta vektor yang diperoleh.

Video diambil dengan posisi lensa kamera menjangkau ke segala zona jalur satu arah. Dalam perekaman video tersebut, informasi diambil dari atas suatu jembatan penyeberangan. Dari penelitian yang sudah dilakukan, posisi sudut kamera mempengaruhi tingkat akurasi perhitungan kecepatan.

Sudut paling optimal untuk mendeteksi kecepatan kendaraan adalah sebesar 60° [2], sehingga tata letak kamera pada saat pengambilan video rekaman bisa dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5: Set-up konfigurasi sistem perekaman video

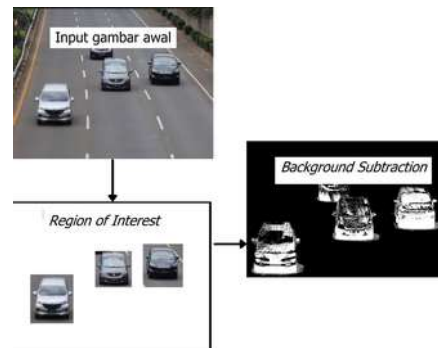
Proses algoritma ini diawali dengan pemilihan ROI yang digunakan sebagai zona pendeteksian kecepatan kendaraan bergerak. Citra dengan ROI tersebut diproses dengan background subtraction untuk mengelompokkan bagian pixel yang terkategori citra foreground ataupun background subtraction.

Citra foreground yang sudah didapat kemudian dihitung nilai Optical Flow-nya menggunakan algoritma Lucas-Kanade yang merupakan kecepatan bergerak dari objek sasaran dalam grayscale. Perhitungan dari bidang optical flow-nya target bergerak berdasarkan pada 2 anggapan: Pertama, gray value dari sesuatu objek bergerak tidak berubah dalam waktu yang sangat pendek; Kedua, tiap pixel dari objek sasaran memiliki kecepatan yang sama karena karakter objek yang bersifat rigid atau tidak mengalami perubahan bentuk.

III.1. Akuisisi data dan Pengolahan citra

Langkah pertama adalah mendeteksi kendaraan yang bergerak, kemudian setiap ruas jalan dibatasi zona nya sesuai yang diinginkan. Idealnya, setiap wilayah yang diinginkan harus memuat seluruh aspek dari suatu kendaraan.

Gambaran dari sistem deteksi kecepatan pada kendaraan ini ditunjukkan pada Gambar 6 yang menjelaskan tahapan mulai dari video asli diolah hingga pada tahap background subtraction.



Gambar 6: Pengambilan video dan pre-processing

Akuisisi video di lihat pada yaitu informasi masukan berbentuk rekaman video digital offline arus kendaraan yang setelah itu di scanning. Scanning ini merupakan proses pemecahan video jadi sebagian rangkaian citra yang sering juga disebut dengan frame. Pengambilan video arus kendaraan lalu lintas yang berada di jalan tol Pondok Pinang, Jakarta. Video diambil memakai kamera dengan sudut pandang yang diambil dari atas jembatan jalan tol sehingga memberikan jangkauan pandangan seluruh jalan menuju satu arah.

Proses background subtraction berupa contrast and brightness adjustment yang bertujuan untuk mengurangi efek bayangan kendaraan yang terlalu tebal akibat cahaya matahari yang akan menjadikan bayangan kendaraan terdeteksi menjadi suatu objek sehingga dapat mengurangi akurasi deteksi objek.

III.2. Penentuan ROI

ROI (Region of Interest) akan digunakan sebagai zona pendeteksian kecepatan kendaraan bergerak. Pada Gambar 4.2 merupakan tahapan region of interest (ROI) yaitu ilustrasi yang diambil dari satu set informasi untuk tujuan tertentu. Contoh pemakaian ROI merupakan mengenali batas-batas garis pada foto buat mengukur ukurannya. Proses ROI pada penelitian ini digunakan buat membatasi atau memperkecil area pemrosesan. Pembatasan area pemrosesan dilakukan menggunakan cara menentukan area jalan raya. Pembatasan area jalan raya dilakukan agar objek-objek yang berada diluar area tadi tidak menjadi penambahan noise pada gambaran yang akan pada proses. Implementasi ROI pada pada penelitian ini terdapat dua tahapan, pertama menentukan titik penentuan ROI dan kedua mengaplikasikan ROI pada sistem untuk meningkatkan kecepatan pemrosesan saat mendeteksi kendaraan. Pendeteksian posisi kendaraan sebagai langkah awal proses adalah dengan membuat 3 garis (2 garis awal

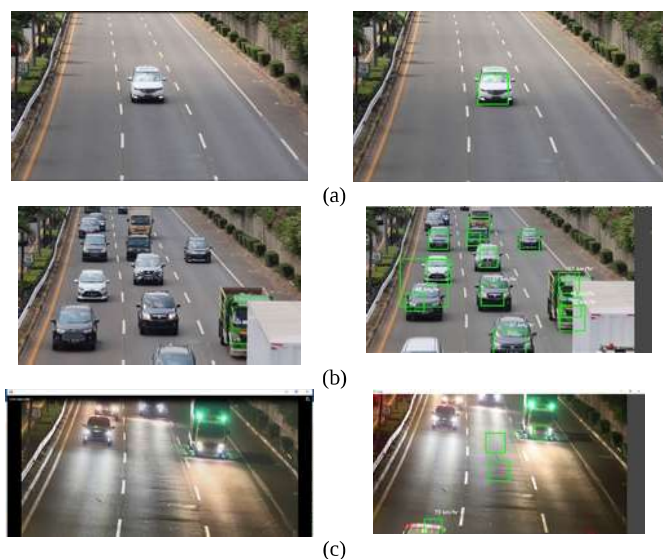
serta satu garis akhir), serta membuat kotak pada objek yang terdeteksi dalam bentuk set garis start and garis finis. Sistem menggunakan algoritma Lucas-Kanade untuk menentukan objek foreground yang melintas pada bidang perekaman dan merepresentasikan kondisi objek kendaraan yang bergerak. Pelacakan objek dibutuhkan untuk membuat mengidentifikasi objek yang melintas dalam satu frame.

Gambar 7 merupakan proses pendeteksian kendaraan, pada algoritma ini parameter berupa citra hasil background subtraction, penampung objek yang terdeteksi, dan penampang vektor, start zone dan finish line. Pada tahap ini juga menyamakan luas objek yang dideteksi dengan luas target. Bila objek mempunyai luas lebih besar dari yang diinginkan, maka sistem akan membuat kotak pada objek-objek tersebut untuk menandainya sebagai ROI.



Gambar 7 Hasil pemrosesan citra: (a) citra foreground, (b) deteksi ROI pada objek yang melewati start zone

Pengambilan data dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu kondisi lancar, kondisi padat, dan malam hari. Gambar 8 adalah hasil penentuan ROI pada tiga kondisi tersebut.



Gambar 8 Penentuan ROI dalam berbagai kondisi: (a) lancar, (b) padat, (c) malam hari

Pada kondisi jalan lancar, ROI yang terdeteksi utuh dan tidak bertumpuk tumpuk. Kondisi Pencahayaan yang terang dan stabil membuat ROI dapat ditentukan dengan tepat. Pada kondisi jalan yang padat, hal ini membuat kendaraan menjadi bersebelahan serta tampak berimpit pada kamera yang

berdampak sebagian objek kendaraan terdeteksi sebagai satu objek sebab piksel-piksel yang ditemukan saling berhubungan. Dalam kondisi ini juga membuat ROI dari 1 mobil yang terhalang menjadi 3 ROI yang seharusnya hanya 1 saja.

Pencahayaan yang masuk ke kamera yang disebabkan oleh pantulan sinar oleh kaca kendaraan ataupun pergantian pencahayaan sinar matahari juga bisa pengaruhi deteksi objek sebab pergantian pencahayaan serta fokus citra yang besar secara seketika.

Jika pada malam hari cahaya matahari tidak ada, yang ada cahaya dari lampu kendaraan efek pantulan lampu tersebut bisa mempengaruhi fokus citra yang besar sehingga sistem akan mendeteksi objek yang bukan kendaraan. terlihat pada kondisi gelap sistem membuat ROI di permukaan jalan seolah-olah jalan tersebut merupakan kendaraan yang bergerak.

Kondisi cahaya yang gelap membuat ROI tidak tepat karena jalan dan mobil yang berwarna gelap terlihat sama, serta berkas cahaya sporadis yang tertangkap kamera membuat ROI yang tidak tepat.

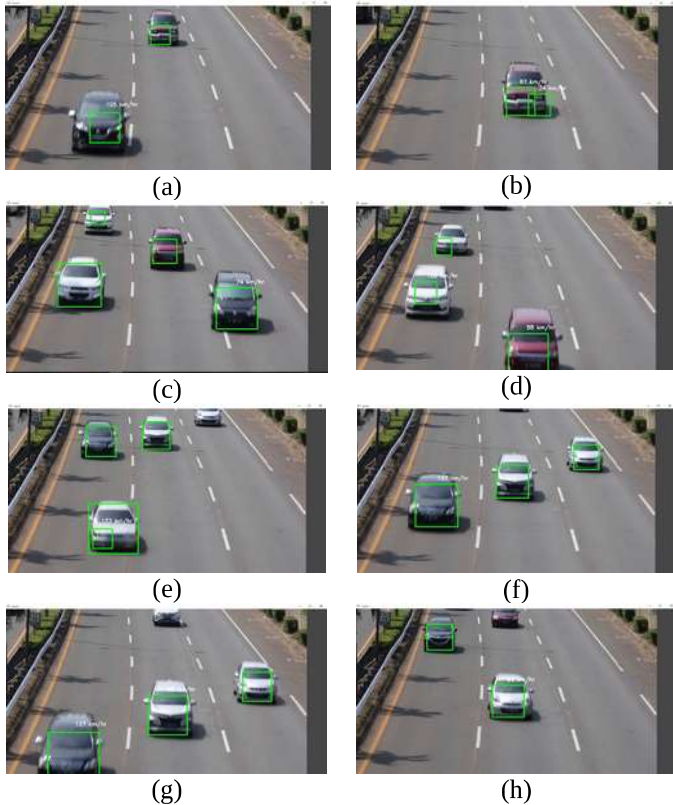
III.3. Deteksi kecepatan kendaraan

Implementasi perhitungan kecepatan menjadi langkah akhir deteksi objek dan analisis ROI. Pada saat melakukan penghitungan kecepatan, sistem akan langsung mendeteksi apakah kendaraan telah memenuhi kondisi detected contour's position at finish line. Dari posisi akhir serta waktu akhir dilakukan penghitungan jarak tempuh serta kecepatan kendaraan. Hasil deteksi kecepatan ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Hasil deteksi kecepatan: (a) ROI pada start zone, (b) deteksi kecepatan pada objek yang melewati start zone

Pada kondisi jalan lancar sebagaimana terlihat pada Gambar 10, didapatkan sebanyak 10 kendaraan yang terdeteksi kecepatannya dan ditampilkan pada Tabel 1. Panjang area pengamatan adalah 65 m. Run time adalah waktu kendaraan yang melintas didalam rekaman video. Dari nilai jarak tempuh dan run time dapat dihitung kecepatan sebenarnya dari kendaraan.



Gambar 10 (a)-(h): Deteksi kecepatan kendaraan pada saat jalan lancar

Tabel 1: Deteksi kecepatan pada kondisi jalan lancar

Kendaraan	Runtime (s)	Kecepatan (km/h)		Akurasi (%)
		Deteksi	Perhitungan	
1	2,12	105	110	95,5
2	3,12	67	75	89,4
3	3,01	74	78	94,9
4	3,13	88	75	82,7
5	3,1	108	112	96,5
6	2,15	103	75	62,7
7	2,16	127	108	82,5
8	2,0	122	117	95,8
9	3,05	86	77	88,4
10	3,3	88	71	76,1

Dari data pada Tabel 1, akurasi deteksi kecepatan berada pada kisaran 82,5% hingga 96,5% untuk kendaraan yang bergerak secara lurus dan konstan. Terdapat dua kendaraan yang memiliki akurasi pengukuran rendah, yaitu kendaraan 6 pada frame (c), (d), dan (e) serta kendaraan 10 yang memasuki area pengamatan pada frame (g) dan terdeteksi pada frame (h). Kedua kendaraan ini melakukan perpindahan lajur sehingga optical flow-nya tidak sesuai dengan algoritma yang terbentuk.

IV. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini:

- Estimasi kecepatan kendaraan menggunakan metode Optical flow menghasilkan akurasi pengukuran kecepatan antara 82,5% hingga 96,5%.
- Perbedaan kecepatan antara objek yang berbeda tidak berpengaruh pada optical flow sehingga akurasi terjaga di atas 80%.
- Apabila kendaraan melakukan perpindahan lajur, maka akurasi deteksi kecepatan akan menurun karena objek yang terdeteksi tidak sesuai dengan flow yang ada.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis 1949-2018, 2020. Available at: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133> (Accessed: 18 September 2020).
- [2] N. H. Tsani, B. Dirgantoro, and A.L. Prasasti, 'Impelementasi Deteksi Kecepatan Kendaraan Menggunakan Kamera Webcam dengan Metode Frame Difference The Implementation of Vehicle Speed Detection using Webcam with Frame Difference Method', e-Proceeding of Engineering, 4(2), 2017, pp. 2373-2381
- [3] A. Romli, Pengukuran Kecepatan Kendaraan Menggunakan Optical Flow, Tugas Akhir, 2017 DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004
- [4] D. Eko, J. Sudirman, dan N. A. Hidayatullah, "Traffic Monitoring: Sistem Penghitung Jumlah Dan Pengukur Laju Kecepatan Kendaran Bermotor Pada Jalan Tiga Lajur Berbasis Optical Flow", Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro, 1(1), 2016, pp. 61-66.
- [5] A. Andrew, J. L. Buliali, dan A. Y. Wijaya, 'Deteksi Kecepatan Kendaraan Berjalan di Jalan Menggunakan OpenCV', Jurnal Teknik ITS, 6(2), 2017, pp. 366-371. DOI: 10.12962/j23373539.v6i2.23489.
- [6] M. K. A. S. Fauzi, B. Firman, dan A. Novianta, "Pengukur Kecepatan Kendaraan Di Kawasan Pemukiman Menggunakan Algoritma Image Subtracting Berbasis OpenCV", Jurnal Elektrikal, 2017, pp. 38-45.
- [7] B. Lekshmi dan T. Safuvan, "Real Time Detection of Moving Object based on Optical Flow Method", International Journal of Engineering Research & Technology, vol. 4, issue 7, 2016,
- [8] A. A. Shafie, F. Hafiz, and M. H. Ali, "Motion Detection Techniques Using Optical Flow", World Academy of

- Science, Engineering and Technology 56, 2009, pp. 559-561.
- [9] R. Mardiaty, F. Ashadi, dan G. F. Sugihara, “Rancang Bangun Prototipe Sistem Peringatan Jarak Aman pada Kendaraan Roda Empat Berbasis Mikrokontroler ATMEGA32”, TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi dan Kontrol, 2(1), 2016 pp. 53–61. DOI: 10.15575/telka.v2n1.53-61.
- [10] D. C. Luvizon, B. T. Nassu, and R. Minetto, “A Video-Based System for Vehicle Speed Measurement in Urban Roadways”, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 18(6), 2017, pp. 1393–1404. DOI: 10.1109/TITS.2016.2606369.
- [11] D. Patel and S. Upadhyay, “Optical Flow Measurement using Lucas Kanade Method”, International Journal of Computer Applications, vol. 61 no. 10, 2013, pp. 6-10.
- [12] J. Huang, W. Zou, Z. Zhu, and J. Zhu, “An Efficient Optical Flow Based Motion Detection Method for Non-stationary Scenes”, arXiv:1811.08290, 2018.
- [13] R. F. Falah, O. D. Nurhayati, dan K. T. Martono, “Aplikasi Pendeteksi Kualitas Daging Menggunakan Segmentasi Region of Interest Berbasis Mobile”, Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, 4(2), 2016, pp. 333-343.
- [14] Aditiya, D. et al. (2016) ‘Perancangan Dan Implementasi Motion Detector Pengontrol Aksi Cursor Mouse’, pp. 93–97