

AKURASI ALAT PENGHITUNG LALU LINTAS PLATO 2.1 BERBASIS PENGOLAHAN CITRA - BACKGROUND SUBTRACTION (ACCURACY OF TRAFFIC COUNTER PLATO 2.1 BASED ON IMAGE PROCESSING - BACKGROUND SUBTRACTION)

Disi M. Hanafiah

Puslitbang Jalan dan Jembatan
Jl. A.H Nasution No.264 Bandung 40294
e-mail: disi.hanafiah@pusjatan.pu.go.id
Diterima: 27 Februari 2018; direvisi: 4 Juni 2018; disetujui: 25 Juni 2018

ABSTRAK

Penempatan sensor fisik di dalam lapisan perkerasan jalan sudah tidak memungkinkan lagi untuk diterapkan mengingat banyaknya kendaraan berat yang melintas di ruas jalan dan kegiatan overlay yang menyebabkan sensor mudah tidak berfungsi. PLATO 2.1 merupakan teknologi pengolahan citra video yang dikembangkan di Pusat Litbang Jalan dan Jembatan menggunakan metode background subtraction. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui akurasi PLATO 2.1 dalam penghitungan volume lalu lintas. Metode yang dilakukan adalah membandingkan data volume lalu lintas yang dihitung secara manual dengan data yang dihitung menggunakan PLATO 2.1. Selanjutnya algoritma dalam PLATO 2.1 dimodifikasi dan digunakan untuk menghitung volume lalu lintas. Data volume lalu lintas yang dihasilkan dibandingkan terhadap data volume lalu lintas manual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan penghitungan kendaraan secara manual dan PLATO 2.1 adalah 30% untuk lalu lintas normal dan 3% untuk lalu lintas sedang. Setelah dilakukan modifikasi pada algoritma, yaitu dengan memisahkan algoritma pendeteksian motor dengan mobil dan mengganti metode area counting dari dua menjadi tiga area, ternyata dapat menghasilkan penghitungan yang lebih baik. Perbedaan penghitungan kendaraan PLATO 2.1 dan modifikasi PLATO 2.1 adalah 3% untuk lalu lintas normal dan 5% untuk lalu lintas sedang.

Kata kunci: volume lalu lintas, background subtraction, modifikasi algoritma, alat penghitung volume lalu lintas, pengolahan citra video

ABSTRACT

Placement of physical sensors in the pavement layer is no longer possible to apply given the many heavy vehicles that cross the road and overlay activities that cause the sensor easily does not work. PLATO 2.1 is a video image processing technology developed at IRE using the background subtraction method. This research intends to know the accuracy of PLATO 2.1 in calculating traffic volume. The method used is to compare the traffic volume data calculated manually with the data calculated using PLATO 2.1. The next algorithm in PLATO 2.1 is modified and used to calculate the volume of traffic. The resulting traffic volume data is then compared against the traffic volume data manually. The results showed that the difference in vehicle count manually and PLATO 2.1 is 30% for normal traffic and 3% for medium traffic. After modification of the algorithm, separating the motor detection algorithm by car and changing the counting area method from two to three, it can produce better calculation. The difference in the calculation of the PLATO 2.1 vehicle and the modification of PLATO 2.1 is 3% for normal traffic and 5% for medium traffic.

Keywords: traffic volume, background subtraction, algorithm modification, traffic counters, video image processing

PENDAHULUAN

Penempatan sensor fisik di dalam lapisan perkerasan jalan menggunakan teknologi *induction loop* sudah tidak memungkinkan lagi untuk diterapkan mengingat banyak kendaraan *overload* melintas di ruas jalan, sehingga sensor mudah rusak. Penyebab lain adalah jadwal pemeliharaan dan peningkatan jalan kurang berjalan baik sehingga sensor fisik yang baru terpasang oleh salah satu instansi tidak lama kemudian sudah tertutup oleh lapisan perkerasan baru akibat adanya pemeliharaan ataupun peningkatan jalan.

Karakteristik lalu lintas Indonesia yang didominasi oleh sepeda motor juga menyebabkan teknologi-teknologi yang telah beredar dan dikembangkan di negara lain, contohnya FLIR (yang digunakan di beberapa Kota di Indonesia), kurang cocok untuk diterapkan pada beberapa kondisi di Indonesia ataupun Asia Tenggara. Pengembang teknologi penghitung lalu lintas otomatis di luar Asia Tenggara menganggap bahwa sepeda motor merupakan suatu friksi di dalam perhitungannya sehingga tidak diperhitungkan. Populasi sepeda motor di luar Asia Tenggara sangat sedikit digunakan di jalan kota maupun antar kota dengan alasan bahwa sepeda motor tidak aman dipakai sebagai moda transportasi sehari-hari. Alasan lain mengapa teknologi penghitung volume lalu lintas dari luar Asia Tenggara kurang cocok untuk digunakan di Indonesia karena para pengembang teknologi melakukan pendekatan perhitungan kendaraannya dengan metoda kendaraan bergerak mengikuti antrian per lajunya, sehingga beberapa perangkat lunak luar tidak mengenal adanya kendaraan yang bergerak secara paralel di dalam satu lajur. Sementara untuk kondisi di Indonesia adalah karakter pengendara bergerak mengikuti celah kosong didalam arah perjalanannya. Atas dasar alasan di atas maka teknologi yang dikembangkan untuk menghitung volume kendaraan sebaiknya menggunakan teknologi yang tidak bersentuhan dengan badan jalan, yaitu dengan menggunakan teknologi *video image processing*.

Dalam mengkonversi gambar video menjadi data tabular jumlah kendaraan pada teknologi video image processing, metode yang biasa digunakan adalah *background subtraction*. Metode *background subtraction*

adalah proses pemisahan antara benda bergerak dengan gambar latar belakang yang statis (diam). Kedua informasi tersebut (benda bergerak dan latar belakang), dapat didefinisikan sesuai kebutuhan pengguna. Contohnya adalah dalam mendefinisikan kendaraan yang bergerak pada suatu ruas jalan (yang diam).

Metode *background subtraction* juga digunakan pada alat yang dikembangkan oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan, PLATO 2.1 yang saat ini masih dalam tahap pengembangan. Paper ini bertujuan untuk mempelajari seberapa akurat metode ini dalam menghitung volume lalu lintas. Lebih jauh, paper ini dapat bermanfaat bagi pengembangan alat penghitung lalu lintas otomatis di Indonesia.

KAJIAN PUSTAKA

Metode *Background Subtraction*

Metode *background subtraction* merupakan salah satu metode yang digunakan dalam algoritma pemrograman teknologi *video image processing*. Menurut Xiang (2000), metode ini adalah proses pemisahan antara benda bergerak dengan gambar latar belakang yang statis (dapat berupa rangkaian gambar yang membentuk video). Selanjutnya informasi berupa batas antara benda bergerak dengan gambar latar dikumpulkan untuk didefinisikan sesuai keinginan.

Berbagai pengembangan telah dilakukan untuk menyempurnakan metode ini. Salah satunya adalah dengan teknik berbasis statistik dan parametrik; salah satu pendekatan yang digunakan adalah menggunakan model distribusi Gauss untuk setiap pixel dalam gambar. Setelah itu, nilai-nilai pixel diperbarui oleh model distribusi Gauss. Kemudian, setiap pixel (x, y) pada gambar dikategorikan baik itu bagian dari latar depan (objek bergerak atau disebut *blobs*) atau latar belakang sesuai dengan jumlah informasi yang didapat menggunakan model tersebut dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$I(x,y) - \text{Mean}(x,y) < (C \times \text{Std}(x,y)) \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- I(x,y) : intensitas pixel
- C : konstanta
- Mean (x,y) : nilai mean
- Std (x,y) : standar deviasi

Teknik yang lebih canggih dikembangkan berikutnya, mampu mendeteksi dan mengumpulkan fitur dari kendaraan pada jalan yang kompleks yang terekam pada kamera lalu lintas. Teknik inovatif ini menggunakan metode penyaringan berdasarkan histogram yang mengumpulkan informasi dari urutan frame dari berbagai latar belakang yang berbeda sudut pandang. Algoritma *background subtraction* yang diusulkan ini menghasilkan perekaman yang lebih baik di bawah kondisi yang berbeda termasuk berbagai sudut pandang, pencahayaan, dan pada kondisi padat. Secara sederhana, proses dalam *background subtraction* dijelaskan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 4

Pengembangan lebih lanjut berupa metode yang dapat mendeteksi tanpa terganggu oleh bayangan kendaraan. Lai, Fung, dan Yung (2001) menggunakan metode penghilangan bayangan dengan algoritma tertentu untuk mempertahankan dimensi kendaraan yang sebenarnya. Hasilnya dapat memperkirakan panjang kendaraan dengan lebih akurat. Namun dalam pelaksanaannya memerlukan kalibrasi kamera tertentu agar didapat sudut yang sempurna.



Sumber: Matsuhashi, Hyodo, Takahashi (2005)

Gambar 1. Frame kondisi saat ada kendaraan



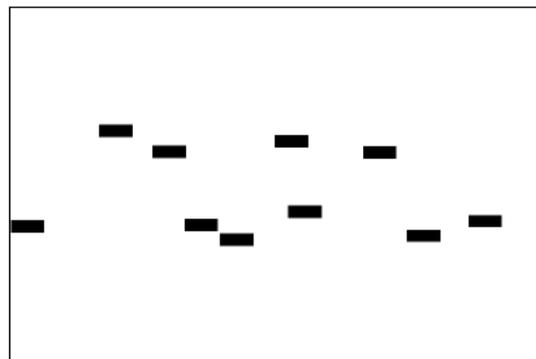
Sumber: Matsuhashi, Hyodo, Takahashi (2005)

Gambar 2. Frame Kondisi Saat Tidak Ada Kendaraan



Sumber: Matsuhashi, Hyodo, Takahashi (2005)

Gambar 3. Frame Hasil Bandingan Gambar Latar dan Gambar Bergerak



Sumber: Matsuhashi, Hyodo, Takahashi (2005)

Gambar 4. Frame titik-titik bitmap setelah disederhanakan

Untuk tingkat akurasi, Kim et al. (2013) telah melakukan uji coba di jalan bebas hambatan California. Hasilnya, untuk lalu lintas normal tingkat kesalahannya adalah 3,04%. Sedangkan untuk lalu lintas padat tingkat kesalahannya adalah 14,69%.

Berbeda dengan metode *background subtraction* yang digunakan pada penelitian ini, Avery, Wang, dan Rutherford (2004) memisahkan gambar latar dengan gambar bergerak melalui perbedaan kandungan warna RGB (Red-Green-Blue) pada setiap *pixel* gambarnya. Setiap *pixel* pada suatu gambar dibandingkan dengan *pixel* pada posisi yang sama di gambar sebelumnya. Apabila kandungan RGB pada pixel tersebut mirip dengan gambar sebelumnya, maka dianggap tidak ada pergerakan, dan didefinisikan sebagai gambar latar. Berlaku sebaliknya dalam mendefinisikan kendaraan yang bergerak. Hal ini dilakukan pada seluruh *frame* gambar.

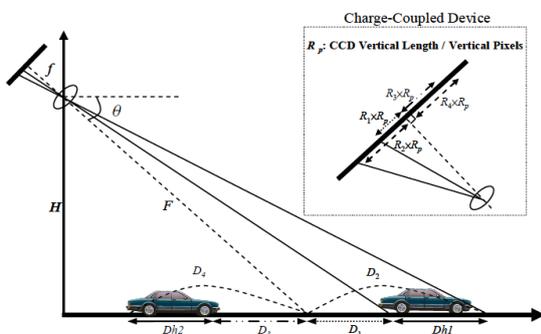
Lebih jauh, Hadi, Sulong, dan George (2014) menggunakan prinsip ruang warna

YCbCr. Ruang YCbCr akan memisahkan gambar ke dalam komponen *luminance* dan komponen warna. Informasi *luminance* dipresentasikan oleh komponen Y, sedangkan informasi warna dipresentasikan pada komponen Cb dan Cr. Selain dapat membedakan gambar latar dengan kendaraan, metode ini dapat mensegmentasi gambar bergerak lain selain kendaraan. Hasilnya sistem yang dibangun dapat menghitung dengan baik dalam berbagai kondisi cuaca, serta tidak sensitif terhadap kondisi cahaya.

Metode Pendefinisian Panjang Kendaraan Pada Video Image Processing

Untuk mendapatkan data volume lalu lintas, maka gambar dari kendaraan yang terekam di dalam kamera harus dikonversi terlebih dahulu agar dapat terbaca sebagai data kendaraan. Konversi tersebut harus dapat membedakan berbagai jenis kendaraan sesuai klasifikasi kendaraan yang ditentukan.

Panjang visual dan lebar visual masing-masing kendaraan harus ditentukan sehingga mendekati panjang dan lebar. Satuan panjang visual yang digunakan adalah pixel. Ilustrasi penentuan panjang dan lebar ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

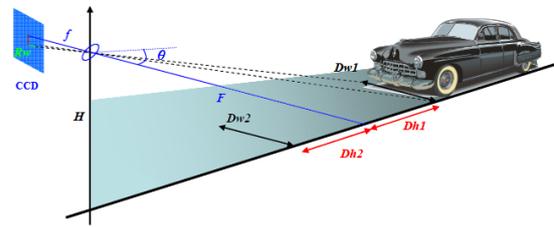


Sumber: Chiu, Ku, Wang (2010)

Gambar 5. Panjang visual antara gambar dan bidang tanah

Gambar 5 adalah ilustrasi dari penggunaan *optical geometry* untuk mencari hubungan antara panjang pixel pada gambar (R) dan panjang visual (Dh_1) di jalan. Garis putus-putus F adalah garis tengah dari kamera, dan Dh_1 merupakan panjang kendaraan di atas garis F . R_1 dan R_2 adalah panjang pixel gambar, H adalah tinggi kamera, f fokus kamera, dan θ adalah sudut kamera. Maka dapat dicari panjang Dh_1 dengan persamaan:

$$Dh_1 = D_2 - D_1 = \frac{R_p H}{\sin \theta} \left[\frac{R_2}{f \sin \theta - R_2 R_p \cos \theta} - \frac{R_1}{f \sin \theta - R_1 R_p \cos \theta} \right]$$



Sumber: Chiu, C., Ku, M., Wang, C. (2010)

Gambar 6. Lebar visual antara gambar dan bidang tanah

Setelah panjang visual didapatkan, metode yang sama dapat digunakan untuk menghitung lebar visual, dengan persamaan berikut,

$$\frac{Dw1}{Rw} = \frac{F + Dh1 \cos \theta}{f}$$

$$Dw1 = \frac{Rw \left(\frac{H}{\sin \theta} + D_1 \cos \theta \right)}{f}$$

Keterangan:

- Rw : lebar pixel
- Dw1 : lebar visual garis khayal 1
- Dw2 : lebar visual garis khayal 2

Chiu, Ku, dan Wang (2010) melakukan penelitian untuk mengklasifikasikan berbagai jenis kendaraan berdasarkan panjang dan lebar visualnya. Hasilnya, jika panjang visual objek bergerak adalah 15 sampai dengan 17 m dan lebar visual 3 sampai dengan 4 m, objek diklasifikasikan sebagai kendaraan besar, seperti bus atau truk. Ketika panjang visual dari objek bergerak adalah antara 4,5 dan 7,5 m dan lebar visual antara 1,4 sampai dengan 3,0 m, objek bergerak diklasifikasikan sebagai kendaraan kecil, seperti van, kendaraan utilitas, sedan, atau truk mini.

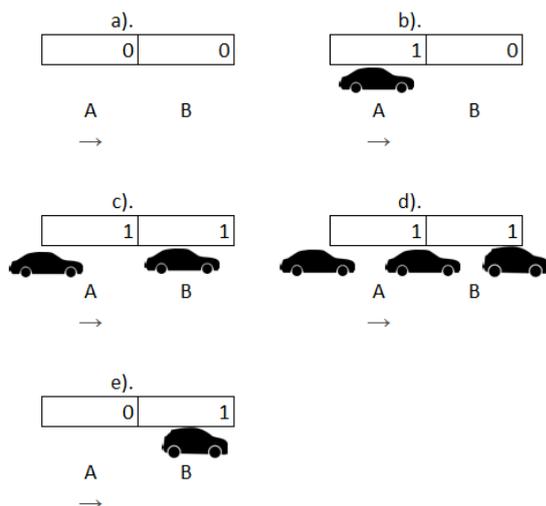
Teknologi PLATO 2.1

Teknologi PLATO adalah teknologi yang dikembangkan oleh Pusjatan untuk menghitung volume lalu lintas secara otomatis. PLATO versi pertama menggunakan *induction loop* sebagai alat penghitung kendaraan.

Versi selanjutnya atau PLATO versi 2.0, digunakan teknik *video image processing*, yaitu metode *background subtraction*. Pada versi ini, alat menghitung tiga klasifikasi kendaraan dan proses penghitungannya belum dapat dilakukan secara *real-time*.

PLATO dikembangkan lebih jauh, yaitu versi PLATO 2.1. Kemampuannya dapat menghitung lima klasifikasi kendaraan dan menghitung secara *real-time*. Namun demikian, karakteristik pergerakan yang berbeda antara sepeda motor dan mobil membuat identifikasi kendaraan menjadi tidak akurat. Berbeda dengan mobil yang cenderung stabil dan tetap bergerak di lajur tertentu. Sedangkan sepeda motor cenderung melakukan pergerakan lebih dinamis. Dengan demikian untuk penghitungan volume, yang membutuhkan perhatian khusus adalah ketika sepeda motor berhimpitan dengan mobil. Pada kejadian tersebut, kendaraan yang terhitung hanya satu. Bisa sebagai mobil penumpang atau sebagai truk. Paper ini dimaksudkan untuk mengembangkan akurasi perhitungan kendaraan.

Dengan metode *background subtraction*, kendaraan yang bergerak dapat ditandai melalui blob Metode deteksi kendaraan yang dilakukan adalah menggunakan 2 area pendefinisian objek. Gambarnya adalah ketika objek masuk ke area A maka software akan mendefinisikan sebagai kondisi $[1 - 0]$. Dan ketika objek masuk ke area B maka *software* akan mendefinisikan sebagai kondisi $[0 - 1]$. Apabila objek bergerak memenuhi kedua kondisi tadi, maka barulah *software* akan menghitung sebagai 1 kendaraan. Ilustrasi di ditunjukkan pada Gambar 10,



Sumber: Puslitbang Jalan dan Jembatan (2015)

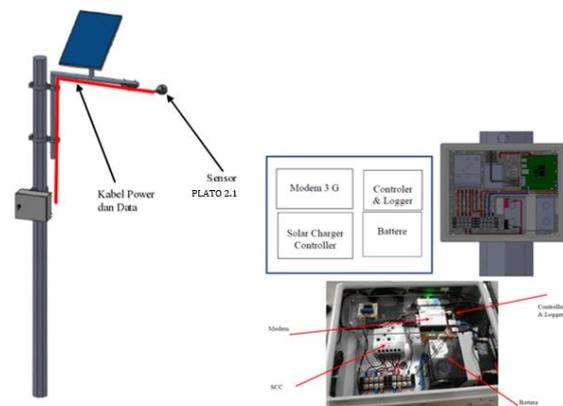
Gambar 7. Metode deteksi dua area *counting*

Permasalahan yang selanjutnya muncul adalah pada saat ada kendaraan yang berhimpitan (depan-belakang), maka objek tidak dapat dipisahkan, karena dianggap sebagai 1

kendaraan. Untuk itu, paper ini dimaksudkan untuk mengembangkan metode pendeteksian kendaraan yang terhimpit tersebut dengan metode deteksi tiga area *counting*.

PLATO 2.1 terdiri dari sensor (kamera), logger (mini-PC) sebagai pemroses data, modem, dan sumber daya. Skema PLATO 2.1 ditunjukkan pada Gambar 7. Untuk mendapat hasil perhitungan yang paling tepat, maka sensor (kamera) dipasang dengan sudut penempatan CCTV sebesar 45° . Sudut ini menghasilkan gambaran penghitungan kendaraan yang paling sedikit rasio tingkat kesalahannya (Hanafiah, 2013).

PLATO 2.1 melakukan proses perhitungan kendaraan, *background subtraction*, dilakukan pada logger setelah data diterima dari sensor. Logger juga berfungsi sebagai media penyimpanan data, baik data perhitungan maupun data video hasil rekaman.



Sumber: Puslitbang Jalan dan Jembatan (2015)

Gambar 8. Komponen sistem Plato 2.1

HIPOTESIS

Modifikasi pemisahan algoritma pendeteksi motor dengan mobil dan mengganti metoda area *counting* dalam PLATO 2.1 dapat memperbaiki akurasi perhitungan volume kendaraan.

METODOLOGI

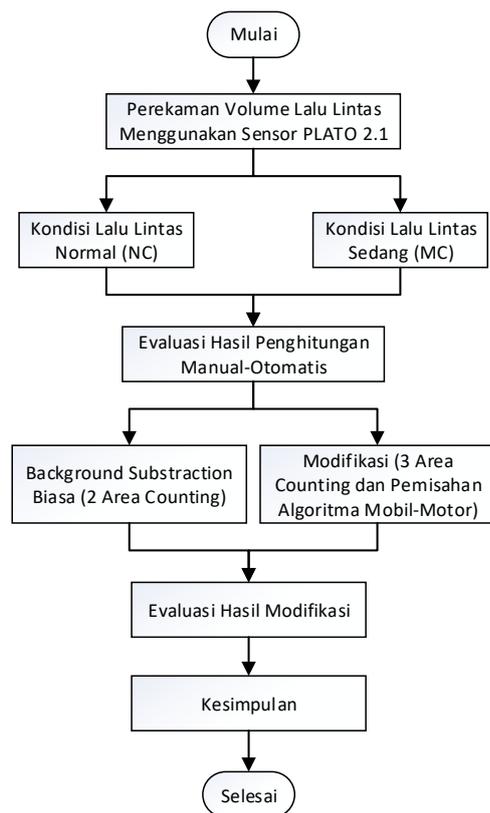
Umum

Meningkatkan akurasi perhitungan volume kendaraan lalu lintas dengan alat PLATO 2.1 dilakukan dengan cara membandingkan total volume kendaraan yang

dihitung: (1) secara manual dari rekaman kamera, (2) PLATO 2.1 metode deteksi dua area *counting*, (3) PLATO 2.1 modifikasi dengan metode deteksi tiga area *counting*.

Tahap pertama, studi literature dilakukan untuk mengetahui lebih dalam mengenai metode *background subtraction* yang biasa digunakan dalam *video image processing* terutama dalam mendapatkan data volume lalu lintas secara otomatis. Dengan mempelajari metode tersebut maka dapat diketahui hal-hal yang bisa dilakukan dalam meningkatkan hasil akurasi penghitungannya.

Tahap kedua dilakukan untuk mengumpulkan data volume lalu lintas. Pengambilan data volume dilakukan selama beberapa menit. Lokasi pengambilan data adalah di Jalan Ir. H. Djuanda, Bandung dengan ketinggian PLATO 2.1 adalah 11 meter. PLATO 2.1 dipasang di atas jembatan penyeberangan orang.



Gambar 9. Metodologi studi

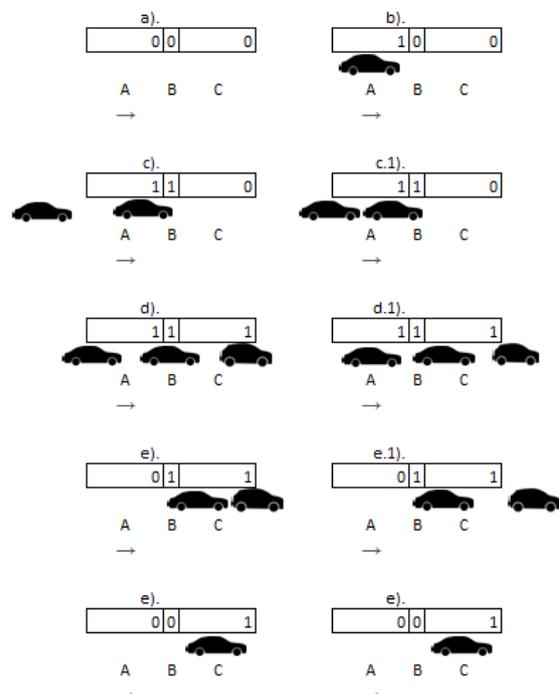
Akurasi penghitungan kendaraan berdasarkan kepadatan kendaraan atau kondisi lalu lintas dilakukan dengan menghitung volume kendaraan pada dua variasi kondisi lalu lintas.

Kondisi lalu lintas tersebut adalah kondisi lalu lintas normal (*Normal Congestion, NC*); kondisi lalu lintas kemacetan sedang (*Medium Congestion, MC*). Kondisi lalu lintas tersebut dinilai secara visual dari kepadatan lalu lintas dan kecepatan laju kendaraan.

Tahap ketiga adalah analisis data volume lalu lintas. Plato 2.1 mengklasifikasikan data yang didapat pada lima kelas kendaraan sesuai dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia untuk Jalan Antar Kota. Klasifikasi kendaraan tersebut adalah motor, mobil, minibus, bus/truk, dan kelas 5, yaitu kendaraan berat dengan panjang di atas 11,5 meter.

Tahap keempat adalah penyusunan modifikasi. Dua modifikasi dilakukan sebagai berikut.

1. Memisahkan algoritma pendeteksi motor dengan mobil. Hal ini dilakukan dengan membuat algoritma menghitung sepeda motor dengan menganggap mobil tidak ada dan algoritma menghitung mobil dengan menganggap sepeda motor tidak ada. Dengan demikian, akurasi penghitungan sepeda motor dan mobil (serta kendaraan lain) diharapkan lebih tinggi.



Sumber: Puslitbang Jalan dan Jembatan (2015)

Gambar 10. Metode deteksi tiga area *counting*

2. Mengganti metode area counting. Hal ini dilakukan menambahkan satu area menjadi tiga

area counting. Seperti ilustrasi pada Gambar 10, terdapat area A, B, dan C. Ketika objek masuk ke area A maka *software* akan mendefinisikan sebagai kondisi [1 – 0 – 0]. Dan ketika objek masuk ke area B maka *software* akan mendefinisikan sebagai kondisi [0 – 1 – 0]. Selanjutnya ketika objek masuk ke area C maka *software* akan mendefinisikan sebagai kondisi [0 – 0 – 1].

Objek yang bergerak memenuhi ketiga kondisi tadi, akan dianggap sebagai 1 kendaraan oleh *software* PLATO 2.1 modifikasi. Adanya tambahan area di bagian tengah tersebut membantu memisahkan deteksi terhadap 2 kendaraan yang berhimpit karena *centroid* dari *pixel* objek yang dideteksi menjadi lebih terpisah.

Tahap kelima adalah pengambilan data untuk mengevaluasi hasil PLATO 2.1 yang telah dimodifikasi. Pengambilan data selama 30 menit, di lokasi, ketinggian, dan sudut pemasangan PLATO 2.1 yang sama dengan sebelumnya.

Tahap keenam adalah analisis, pembahasan, pengambilan kesimpulan, dan saran.

HASIL DAN ANALISIS

Data Hasil Uji Coba Awal

Hasil uji coba menunjukkan bahwa persentase kesalahan pembacaan volume kendaraan menggunakan PLATO 2.1 untuk kondisi lalu lintas normal mencapai 30% atau berbeda 153 kendaraan. Kesalahan yang paling besar adalah pada perhitungan mobil atau kendaraan roda 4, yaitu sebesar 143 kendaraan atau mencapai kesalahan 49%, sedangkan untuk pembacaan minibus kesalahan hanya 6%. Sedangkan kendaraan kelas 5 tidak terdeteksi. Ringkasan hasil penghitungan volume secara manual dan menggunakan PLATO 2.1 yang belum dimodifikasi) serta selisih hasil penghitungan keduanya dan persentase kesalahan ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil uji coba sebelum modifikasi (kondisi lalu lintas normal)

Sumber Penghitungan	Hasil Penghitungan						
	Motor	Mobil	Minibus	Bus/truk	Kelas 5	Total	
Manual	0	290	215	0	2	507	
PLATO 2.1	0	147	202	5	0	354	
Selisih	(Kend.)	0	143	13	5	2	153
	(%)	0%	49%	6%	0%	100%	30%

Tabel 2. Hasil uji coba sebelum modifikasi (kondisi lalu lintas sedang)

Sumber Penghitungan	Hasil Penghitungan						
	Motor	Mobil	Minibus	Bus/truk	Kelas 5	Total	
Manual	0	181	145	5	0	331	
PLATO 2.1	0	100	218	22	0	340	
Selisih	(Kend.)	0	81	73	17	0	9
	(%)	0%	45%	50%	340%	0	3%

Sedangkan persentase kesalahan pembacaan volume kendaraan menggunakan PLATO 2.1 untuk kondisi lalu lintas sedang mencapai 3% atau perbedaan sebanyak 9 kendaraan. Kesalahan penghitungan yang tertinggi adalah 45%, yaitu penghitungan mobil sebanyak 81 kendaraan. Kesalahan penghitungan minibus mencapai 50% atau sebanyak 73 kendaraan. Kesalahan yang paling besar adalah terhadap bus/truk yang mencapai

340% atau sebanyak 17 kendaraan. Sedangkan data sepeda motor pada waktu tersebut tidak ada.

Penghitungan volume kendaraan setelah dilakukan modifikasi dengan metode deteksi 3 area *counting* menunjukkan bahwa tingkat kesalahan dapat diturunkan menjadi di bawah 10%. Hasil penghitungan dengan modifikasi metode deteksi ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Hasil uji coba setelah modifikasi (kondisi lalu lintas normal)

Sumber Penghitungan	Hasil Penghitungan						
	Motor	Mobil	Minibus	Bus/truk	Kelas 5	Total	
Manual	1695	1092	83	47	0	2917	
PLATO 2.1	1758	1154	70	22	0	3004	
Selisih	(Kend.)	63	62	13	25	0	87
	(%)	4%	6%	16%	53%	0	3%

Tabel 4. Hasil uji coba setelah modifikasi (kondisi lalu lintas sedang)

Sumber Penghitungan	Hasil Penghitungan						
	Motor	Mobil	Minibus	Bus/truk	Kelas 5	Total	
Manual	2513	1982	119	74	0	4688	
PLATO 2.1	2617	2118	143	60	0	4938	
Selisih	(Kend.)	104	136	24	14	0	250
	(%)	4%	7%	20%	19%	0	5%

Pada kondisi lalu lintas normal, tingkat kesalahannya hanya 3% atau sebanyak 87 kendaraan. Kesalahan penghitungan yang paling banyak adalah penghitungan sepeda motor sebanyak 4% atau 63 kendaraan. Kesalahan penghitungan mobil sebanyak 6% atau 62 kendaraan. Sedangkan kesalahan penghitungan kendaraan minibus dan bus/truk secara berurutan adalah 16% dan 53% atau 13 kendaraan dan 25 kendaraan.

Pada kondisi lalu lintas sedang, kesalahan penghitungan kendaraan lebih besar dibanding dengan pada kondisi lalu lintas normal, yaitu 5%. Kesalahan penghitungan paling besar adalah pada penghitungan kendaraan minibus, yaitu 20% atau 24 kendaraan. Kesalahan penghitungan kendaraan bis/truk adalah 19% atau 14 kendaraan. Kesalahan penghitungan mobil adalah sebanyak 7% atau 136 kendaraan. Sedangkan kesalahan penghitungan paling kecil adalah penghitungan sepeda motor, yaitu sebanyak 4% atau 104 kendaraan.

PEMBAHASAN

Kendala pada penghitungan volume kendaraan lalu lintas, sehingga terdapat beberapa kesalahan perhitungan disebabkan karena:

1. Gangguan bayangan pohon pada siang hari. Kendaraan yang bergerak melewati bayangan pohon yang bergerak, maka kendaraan tersebut dianggap satu kesatuan dengan bayangan pohon yang bergerak. Kendaraan dan bayangan tersebut dapat terdeteksi sebagai kendaraan lain. Selain itu, dapat terjadi kendaraan dan bayangan tidak

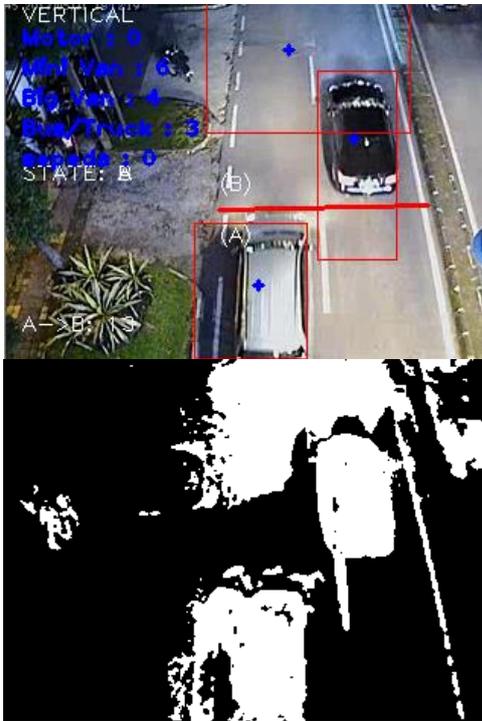
terdeteksi, karena objek yang lebih besar dari ukuran yang ditetapkan pada area *counting* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Kesalahan *Counting* Akibat Bayangan Pohon

2. Pemrosesan video terkendala *shuttering* (gambar patah-patah) yang menyebabkan kendaraan tidak terhitung (karena tidak melewati kapasitas kualitas kamera, *bandwith* jaringan, maupun memory PC).
3. Perekaman pada malam hari atau pada kondisi pencahayaan kurang menyebabkan kendaraan tidak terdeteksi. Minimnya cahaya dapat menyebabkan panjang

bayangan kendaraan berubah-ubah sesuai posisi lampu seperti terlihat pada Gambar 12.



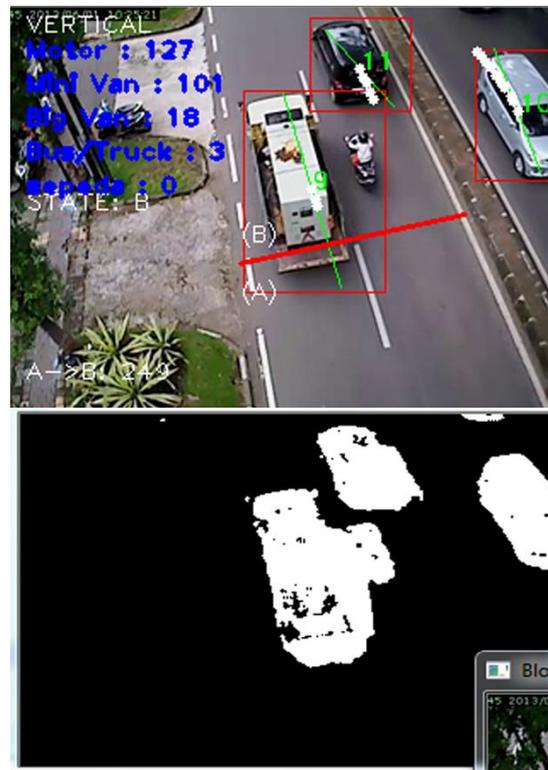
Gambar 12. Kesalahan *Counting* Akibat Ukuran Kendaraan Berubah pada Malam Hari

4. Pada malam hari, lampu kendaraan turut terbaca, seperti terlihat pada Gambar 13. Hal ini disebabkan karena lampu kendaraan yang tidak sesuai dengan standar.



Gambar 13. Kesalahan *counting* akibat lampu kendaraan

5. Kendaraan yang berhimpitan pada dua lajur. Kendaraan yang berhimpitan dapat menyebabkan 2 kendaraan tersebut dianggap satu kendaraan.



Gambar 14. Kesalahan *Counting* Akibat Kendaraan Berhimpit

Penggunaan metode *background subtraction* pada alat penghitung volume lalu lintas di Indonesia yang persentase sepeda motornya sangat tinggi, serta pergerakannya yang tidak “disiplin lajur” ternyata hasilnya masih buruk. Baik pada kondisi lalu lintas normal dan sedang, persentase kesalahan penghitungan rata-rata di atas 20%.

Disiplin berkendara menjadi hal yang penting untuk mendapat data kendaraan yang baik. Dengan banyaknya kendaraan yang bergerak tidak pada lajur yang ditentukan menyebabkan kesalahan penghitungan. Hal lainnya adalah iringan sepeda motor yang terlalu berdekatan akan dihitung sebagai 1 kendaraan.

Dari hasil uji coba, diketahui permasalahan lain saat menggunakan metode *background subtraction*, yaitu gerakan bayangan pohon yang tertiuip angin, pencahayaan, serta kualitas perangkat keras. Dengan demikian, masih perlu dilakukan penelitian lanjutan dalam mengatasi permasalahan tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Metode *background subtraction* yang dimodifikasi pada PLATO 2.1, yaitu dengan memisahkan algoritma pendeteksi motor dengan mobil dan mengganti metode area *counting* dari dua menjadi tiga area, dapat menghasilkan akurasi penghitungan volume kendaraan yang lebih baik, yaitu 3% untuk lalu lintas normal dan 5% untuk lalu lintas sedang, dengan tingkat kesalahan di bawah 10%.

Saran

PLATO 2.1 dapat digunakan untuk menghitung volume lalu lintas secara otomatis. Untuk mendapatkan penghitungan yang baik, agar situasi atau tempat penghitungan memiliki pencahayaan yang cukup terang. Penelitian selanjutnya adalah menerapkan teknologi *night vision* atau *thermal cam* untuk melakukan perhitungan pada malam hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang telah memberi kesempatan untuk melakukan penelitian ini serta kepada semua pihak yang telah membantu.

DAFTAR PUSTAKA

Avery, R. P., Wang, Y., and Rutherford, G. S. 2004. *Length-based Vehicle Classification Using Images from Uncalibrated Video Cameras*. U.S.

Department of Transportation University Center (Federal Region 10).

- Chiu, C., Ku, M., and Wang, C. 2010. *Automatic Traffic Surveillance System for Vision-Based Vehicle Recognition and Tracking*. Journal of Information Science and Engineering 26: 611-629.
- Hadi, R. A., Sulong, G., George, L. E. 2014. *Vehicle Detection and Tracking Techniques a Concise Review*. Signal & Image Processing : An International Journal (SIPIJ) Vol.5, No.1, February 2014.
- Hanafiah, D., Ariepin, H., Sekiya, H., dan Kobayashi, H. 2013. *Optimalisasi Image Processing Teknologi (IPT) didalam Menghitung Sepeda Motor di Indonesia*. Proceedings of the 14th REAAA Conference 2013 Vol.14.
- Kim, S.H., Shi, J., Alfarrarjeh, A., Xu, D., Tan, Y., and Shahabi, C. 2013. *Real-Time Traffic Video Analysis Using Intel Viewmont Coprocessor*. Networked Information Systems, vol. 7813, Lecture Notes in Computer Science DNIS 2013, LNCS 7813, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 150–160, 2013
- Lai, A. H. S., Fung, G. S. K., Yung, N. H. C. 2001. *Vehicle Type Classification from Visual-Based Dimension Estimation*. IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings, Oakland, CA, August 2001, pp. 201-206.
- Matsuhashi, N., Hyodo, T., Takahashi, Y. 2005. *Image Processing Analysis of Motorcycle Oriented Mixed Traffic Flow in Vietnam*. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 929 – 944.
- Puslitbang Jalan dan Jembatan. 2015. *Alat Penghitung Volume dan Klasifikasi Lalu Lintas Kendaraan*, Laporan Akhir. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Puslitbang Jalan dan Jembatan. 2015. *Manual Pemasangan dan Pengoperasian Alat PLATO 2.1*, Rancangan 0. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Xiang, G. 2000. *Error Analysis of Background Adaption*. Computer Vision and Pattern Recognition. Proceedings of IEEE Conference 2000 vol. 1: 503-510.