

ANALISIS SISTEM MENGGUNAKAN METODE SUBTRAKSI UNTUK MODEL LALU LINTAS KENDARAAN SECARA REALTIME

Well Friend Giawa, Wanda Pratama Putra Simamora, Dina Pratiwi, Rafif Rahil, Evta Indra, *Jepri Banjarnahor
Sistem Informasi, Fakultas Teknologi dan Ilmu Komputer, Universitas Prima Indonesia, Indonesia
Jl. Sekip Kota Medan, Sumatera Utara 20111
E-mail : *jepribanjarnahor@unprimdn.ac.id

ABSTRAK- Pengetahuan tentang teknologi visi komputer semakin maju serta sejalan dengan kebutuhan akan sistem yang terkendali secara terus menerus, menyebabkan penelitian di bidang visi komputer akan terus dilakukan. Kebutuhan akan sistem kendali pengaturan volume kendaraan (TrafikPlan) sudah sangat dibutuhkan pada era sekarang ini dikarenakan tingkat penjualan kendaraan semakin meningkat tetapi peningkatan jalan yang tersedia tidak mencukupi. Penelitian ini mencoba untuk membuat sebuah model lalu lintas dengan beberapa metode pada visi komputer hough transform sebagai batas area yang akan dideteksi serta connected component labeling (CCL) dalam penghitungan jumlah kepadatan pada area yang dideteksi memungkinkan pengaturan kendaraan menggunakan sistem secara realtime akan terwujud. Penelitian ini mengambil inputan citra berupa video dan akan dieksekusi pada pengujian program dengan tahapan proses dari segmentasi, deteksi tepi, hough transform, eliminasi, subtraksi, grayscale dan threshold, morfologi, dan CCL. Hasil pengujian akan mendeteksi jumlah kendaraan serta persentase kepadatan jalan yang dilalui apakah sepi, sedang atau padat.

Kata kunci : visi komputer, hough transform, connected component labeling, kendaraan.

1. PENDAHULUAN

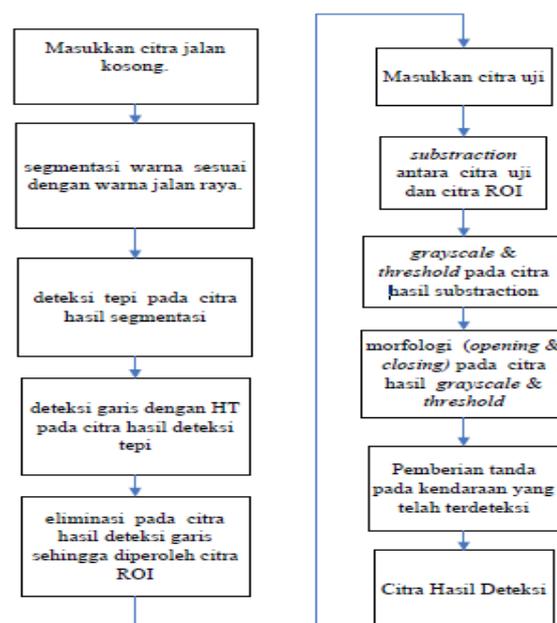
Kepadatan kendaraan berbeda-beda setiap waktunya, dikarenakan waktu aktivitas yang berbeda dimana waktu kepadatan lalu lintas selalu berulang setiap waktunya dengan pola yang hampir sama, misal setiap pagi ketika berangkat sekolah, bekerja atau siang hari pada saat istirahat makan siang ataupun sore hari pada saat pulang kerja.

Dengan masalah yang ada maka solusi yang diusulkan yaitu dengan menggunakan CCTV dan software pemantau kemacetan dan distribusi volume kendaraan. Pada jalan/persimpangan yang mengalami kemacetan perlu dilakukan analisis ketersediaan prasarana dengan bantuan software TrafikPlan untuk pemodelan serta analisis sistem jaringan pada jalan. Penggunaan software TrafikPlan tersebut diharapkan dapat segera memberikan informasi titik kemacetan pada ruas jalan tertentu sehingga dapat diambil tindakan untuk manajemen lalu lintas. Selain itu hasil pemantauan dari software TrafikPlan dapat diberitakan pada Radio, Televisi juga Sistem GPS yang dapat diunduh pada smartphone untuk menyampaikan berita perihal kemacetan sehingga para pengguna jalan segera memilih jalan alternatif setelah mendengar berita tersebut. Alat untuk mendeteksi kemacetan telah banyak diteliti oleh program studi teknik elektro dengan menggunakan sensor LDR, sensor ultrasonik dan sensor gerak, salah satunya yang diteliti oleh Ghazi, et al, pada tahun 2013, yaitu microcontroller AtMega16, yaitu sensor jenis optical laser. Perangkat ini dibuat untuk mendeteksi adanya kecepatan dan memutuskan situasi jalan apa sedang mengalami macet atau tidak macet, dan dikatakan macet jika kecepatan rata-rata kendaraan kurang dari 10 km/jam

2. ISI PENELITIAN

2.1 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini akan digunakan beberapa algoritma dalam proses pengolahan citra digital untuk mengekstraksi daerah obyek pada citra sebagian. Maksud dalam pengerjaan ini akan dilakukan ekstraksi daerah obyek yang akan dihitung dan daerah yang tidak dihitung. Daerah yang dihitung nantinya yaitu daerah jalan raya sedangkan yang tidak dihitung adalah daerah pinggir jalan raya, dimana daerah tersebut juga obyek bagian dari citra yang terekam, seperti yang terlihat pada bagan prosedur pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Bagan Prosedur Penelitian

2.1.1 Pengambilan Citra Uji

Citra uji merupakan perpaduan antara Red, Green dan Blue (RGB) yang berisi citra jalan raya dalam kondisi mobil atau kendaraan ada melintas pada jalan tersebut atau dalam keadaan normal. Citra uji ini akan diproses dan digunakan untuk pendeteksian posisi kendaraan pada jalan raya. Citra uji ini akan diproses dan digunakan untuk pendeteksian dengan cara yang sama seperti cara sebelumnya dan diambil beberapa buah sampel citra (Hadi, 2011).

2.1.2 Proses Segmentasi

Untuk memisahkan piksel yang memiliki suatu warna dengan intensitas warna jalan atau tidak dengan warna jalan yaitu menggunakan Metode segmentasi citra.

$$f(x, y) = \begin{cases} 0; & k1 \leq red(x, y) \leq k2, \\ & k1 \leq green(x, y) \leq k2, \\ & k1 \leq blue(x, y) \leq k2 \\ 1; & else \end{cases}$$

2.1.3 Penetapan Deteksi Tepi

Deteksi tepi digunakan untuk mencari tepian citra dengan menggunakan metode operator difference untuk mencari tepi dengan bantuan matriks 3x3 untuk mendeteksi tepi.

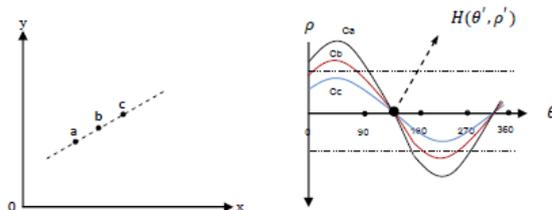
$$P = \begin{bmatrix} p1 & p2 & p3 \\ p8 & x & p4 \\ p7 & p6 & p5 \end{bmatrix}$$

$$x = \max(|p3 - p7|, |p5 - p1|, |p2 - p6|, |p4 - p8|)$$

P merupakan matriks dengan nilai-nilai matriks p1-p8 dan x yang merupakan nilai baru hasil perhitungan.

2.1.4 Deteksi Garis Jalan dengan Hough Transform

Metode pendeteksi garis digunakan untuk mendapatkan ROI (Region of interest), yakni HT (Hough Transform) yang bekerja dengan mengubah nilai piksel yang bukan merupakan piksel latar dari koordinat kartesius ke dalam koordinat polar dimana prosesnya dilustrasikan pada Gambar 2. berikut ini.



Gambar 2 Perubahan titik a,b dan c ke dalam koordinat polar dengan $0^0 \leq \theta \leq 360^0$

Semua garis yang terdeteksi oleh HT diseleksi untuk mendapatkan garis tepi jalan yakni garis-garis yang memiliki minimal panjang 1/3 bagian dari garis

terpanjang yang terdeteksi dan theta garis diantara nilai α_1 dan α_2 berikut ini.

$$Length = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$HT_{selection} = \{sp, ep \in L_h(\text{Max}(Length(sp, ep))) > \left(\frac{L_{max}}{3}\right)\}$$

$$HT_{selection} = \{L_h | \alpha_1 < \theta(L_h) < \alpha_2\}$$

Setelah dilakukan seleksi garis yang merupakan garis tepi jalan, perlu dilakukan seleksi tambahan. Rentang sudut yang dibentuk oleh garis juga dapat ditambahkan sebagai parameter untuk memperkuat hasil garis tepi jalan yang diinginkan.

2.1.5 Proses Eliminasi

Eliminasi digunakan untuk membuat daerah pada citra yang bukan merupakan daerah jalan raya. Hal ini diketahui dari garis-garis tepi jalan yang terdeteksi.

$$L \equiv \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$G \equiv \frac{y - q_1}{q_2 - q_1} = \frac{x - p_1}{p_2 - p_1}$$

$$A = \{(x, y) | y(x_2 - x_1) - x(y_2 - y_1) > y_1(x_2 - x_1) - x_2(y_2 - y_1)\}$$

$$B = \{(x, y) | y(p_2 - p_1) - x(q_2 - q_1) > q_1(p_2 - p_1) - p_1(q_2 - q_1)\}$$

$$f(x, y)' = \begin{cases} f(x, y); & (x, y) \in A \cap B \\ 0; & (x, y) \in A^c \cap B^c \end{cases}$$

L merupakan persamaan garis paling kiri dan G merupakan persamaan garis paling kanan pada citra hasil deteksi garis f(x,y) merupakan fungsi penentu nilai koordinat ROI dengan ketentuan koordinat tersebut memenuhi himpunan A dan B.

2.1.6 Proses Substraksi

Tahapan ini dilakukan untuk mengukur perbedaan pixel antara citra uji dan citra ROI melalui proses pengukuran selisih warna pixel. Pengukuran dilakukan dengan operasi aritmatika citra substraksi pada koordinat yang bersesuaian. Operasi substraksi mengurangi citra uji dengan citra ROI

$$h(x, y) = f(x, y) - g(x, y)$$

Dimana fungsi h(x,y) merupakan citra hasil substraksi dari pengurangan citra uji f(x,y) dengan citra ROI g(x,y).

2.2 Analisis Sistem Komputer

Setelah dilakukannya sampai ke tahap morfologi maka penelitian ini berlanjut dengan analisis model dengan proses pemberian tanda antara piksel yang berdekatan dan dilakukannya uji kepadatan dengan menggunakan teori logika Fuzzy. Dalam tahapan analisis ini sistem akan mencoba mendeteksi citra uji dengan membandingkan dengan citra jalan kosong agar dilihat perbedaan yang terjadi diantara kedua

citra tersebut. Selama proses analisis inputan dapat dilakukan dengan cara manual atau secara realtime agar penggunaan nantinya dapat dilakukan dengan melihat kondisi sebenarnya.

2.2.1 Model Proses Pemberian Tanda atau Modelling Connected Component Labeling (CCL)

Connected Component Labelling (CCL) adalah metode yang sudah teruji untuk mendeteksi objek yang memiliki karakteristik khusus. CCL merupakan suatu proses pemberian label yang sama pada sekumpulan piksel pembentuk obyek yang saling berdekatan pada suatu citra. Obyek yang berbeda ditandai dengan label yang berbeda. Citra uji yang di dalamnya ada benda pada suatu citra dapat dideteksi melalui metode ini. Pada penelitian ini dikombinasikan dengan beberapa proses lain seperti substraksi, grayscaleing, pengambangan (threshold), juga proses morfologi opening dan closing. Pemberian label yang dilakukan oleh metode ini yaitu memberikan label yang sama di setiap piksel yang berdekatan dan memberikan label yang berbeda jika terjadi pemisahan piksel yang diakibatkan dari hasil morfologi yang dilakukan dalam tahapan pre-processing tersebut. Secara ilustrasi akan dilihat pada Gambar 3 berikut ini, dimana hasil deteksi biner yang berbeda akan diberikan label yang berbeda pula.

					3	3	3		
	1	1			3	3			
	1	1			3	3			
	1	1	1			3		4	4
				2	2		4	4	4
			2	2	2		4	4	
			2	2			4	4	
					5	5			

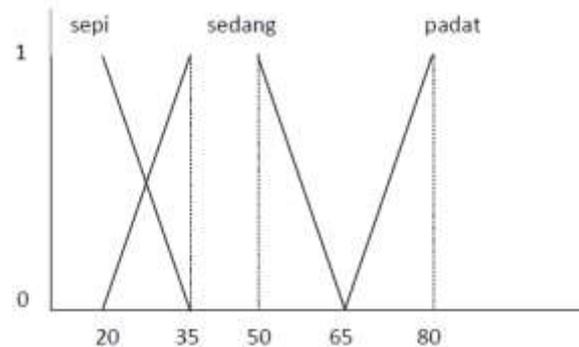
					3	3	3		
	1	1			3	3			
	1	1			3	3			
	1	1	1		3			4	4
				2	2		4	4	4
			2	2	2	2	4	4	
			2	2			4	4	
					5	5			

Gambar 3 Cara kerja CCL dalam memberikan label atau tanda

2.2.2 Penentuan Kondisi Kemacetan dengan Logika Fuzzy

Logika Fuzzy (samar) pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A Zadeh, memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 (nol) hingga 1 (satu), berbeda dengan logika digital pada umumnya yang memiliki logika digital yang hanya memiliki dua nilai yaitu 1 (satu) atau 0 (nol). Logika Fuzzy banyak digunakan

untuk sistem pengambilan keputusan, baik untuk bermain game, seleksi penerimaan karyawan ataupun menentukan suhu ruangan (Purba, et al, 2013). Penentuan kondisi kemacetan penulis memakai pendekatan sistem logika Fuzzy (samar) dalam membantu pengambilan keputusan. Jika persentase kepadatan kendaraan dengan jalan yang tersedia terdeteksi antara 0%-35%, maka dikatakan keadaan lalu lintas sepi. Jika persentase kepadatan kendaraan dengan jalan yang tersedia terdeteksi antara 20%-65%, maka dikatakan keadaan lalu lintas sedang. Jika persentase kepadatan kendaraan dengan jalan yang tersedia terdeteksi lebih dari 65%, maka keadaan lalu lintas dikatakan padat. Diagram yang akan ditampilkan dalam bentuk diagram trapesium dan dapat diilustrasikan seperti Gambar 4. berikut ini.



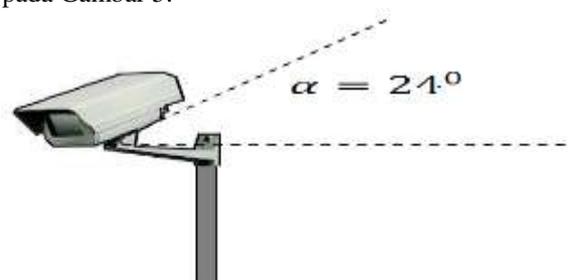
Gambar 4 Fungsi Keanggotaan Fuzzy Kepadatan Kendaraan

3. KESIMPULAN

hasil penelitian yang sesuai dengan prosedur dan metode-metode yang ditetapkan sebelumnya dengan mengacu pada penelitian Hadi pada tahun 2013 terdahulu serta beberapa penambahan fitur dan penyesuaian algoritma yang dapat mengidentifikasi kendaraan secara tepat.

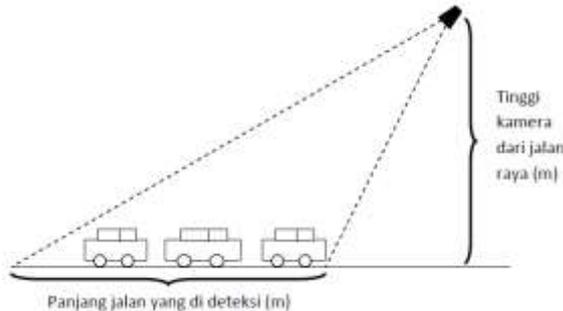
3.1 Proses Pengambilan Citra

Citra yang akan diteliti merupakan citra jalan raya yang diambil dari Jalan Gatot Subroto, Depan Medan Fair Plaza. Citra diambil dengan menggunakan camera digitalmodel Cyber-shot DSC-W730 lensa Carl Zeiss optical zoom 8x 16.1 Megapixel dengan ilustrasi ketentuan pemasangan pada Gambar 5.



Gambar 5. Contoh Ilustrasi Cara Pemasangan Kamera

Pengambilan citra dilakukan dari atas jembatan penyeberangan pada jalan tersebut dengan ketinggian 5 meter. Citra diambil dengan format video untuk mendapatkan hasil yang lebih beragam dan akurat. Adapun skema pengambilan citra akan terlihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Skema Pengambilan Citra

3.1.1. Citra Jalan Kosong

Citra jalan kosong (lihat Gambar 3.3) merupakan citra jalan raya tanpa kendaraan, yang diambil di awal sebelum sistem melakukan pendeteksian kendaraan pada citra uji. Ukuran piksel yang digunakan untuk citra jalan kosong yaitu 450 x 300 piksel sebanyak 1 buah. Citra inilah nantinya akan menjadi Region of Interest (ROI) untuk mendeteksi kendaraan yang melaju melewati jalan.



Gambar 7. Citra Jalan Kosong

3.1.2. Citra Uji

Citra uji yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan mengambil video citra jalan raya berisi kendaraan setelah pengambilan citra jalan kosong dilakukan. Ukuran yang digunakan untuk citra uji yaitu 450 x 300 piksel sebanyak 36 buah. Contoh citra uji dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Citra Uji dari Beberapa Waktu

3.2. Perangkat Lunak Pengujian Metode

Untuk keperluan menguji metode yang dikembangkan, maka dibuatlah perangkat lunak yang mengikuti algoritma yang sudah dijelaskan sebelumnya. Perangkat lunak dibuat secara interaktif sehingga parameter-parameter pengelolaan citra dapat ditentukan secara dinamis. Ilustrasi perangkat lunak pengolah citra kendaraan dapat dilihat pada Gambar 4.5 di bawah ini. Pada Gambar 4.6 adalah proses tahap-tahap metode pengolahan citra yang dikembangkan. Dimana untuk mencari ROI dengan proses > Segmentasi > Deteksi Tepi > Hough Transform > Eliminasi, sedangkan pada citra uji > substraksi > Grayscale and Threshold > Morfologi (Opening and Closing) > Connected Component Labeling (CCL). proses segmentasi secara matematis proses segmentasi setelah dilakukan uji di lapangan didapatkan perhitungan yang diambil, yaitu;

$$f(x,y) = \begin{cases} 0, & kr_1 \leq red(x,y) \leq kr_2, \\ & kg_1 \leq green(x,y) \leq kg_2, \\ & kb_1 \leq blue(x,y) \leq kb_2 \\ 1, & \text{else} \end{cases}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} kr_1 &= 65, kr_2 = 190 \\ kg_1 &= 70, kg_2 = 190 \\ kb_1 &= 80, kb_2 = 190 \end{aligned}$$

Sedangkan pada proses pengambilan bidang pembatasan citra dengan menggunakan algoritma Hough Transform (Line Selection) perhitungan yang sesuai untuk pengerjaan adalah:

- Left Line

$$HT_{selection} = \{L_h \mid \alpha_1 \leq \theta(L_h) < \alpha_2\}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 25 \\ \alpha_2 &= 36 \end{aligned}$$

- Right Line

$$HT_{selection} = \{L_h \mid \alpha \leq \theta(L_h)\}$$

Dimana :

$$\alpha = 130$$

Proses eliminasi citra diberikan fungsi matematisnya adalah sebagai berikut:

$$A = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

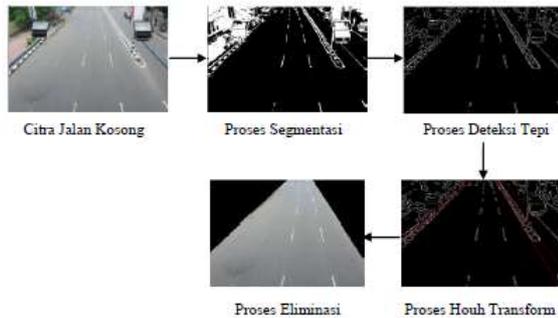
$$A = \{(x,y) \mid y(x_2 - x_1) - x(y_2 - y_1) > y_1(x_2 - x_1) - x_1(y_2 - y_1)\}$$

$$B = \frac{y - q_1}{q_2 - q_1} = \frac{x - p_1}{p_2 - p_1}$$

$$B = \{(x,y) \mid y(p_2 - p_1) - x(q_2 - q_1) > q_1(p_2 - p_1) - p_1(q_2 - q_1)\}$$

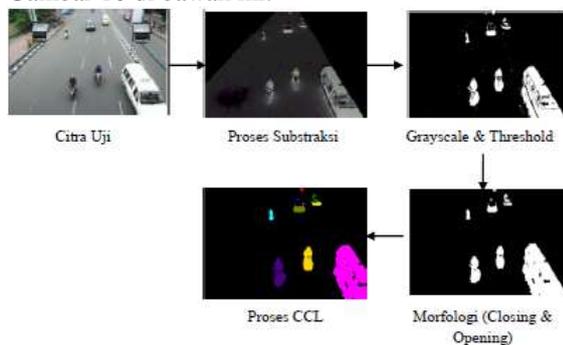
$$f(x,y) = \begin{cases} f(x,y), & (x,y) \in A \cap B \\ 0, & (x,y) \in A^c \cup B^c \end{cases}$$

Secara keseluruhan proses pengerjaan, terlebih dahulu harus ditentukan ROI (Region of Interest) atau pola acuan dengan pengambilan citra jalan kosong lalu dilakukan proses secara realtime dengan hasil yang akan ditampilkan dalam Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Proses penentuan ROI

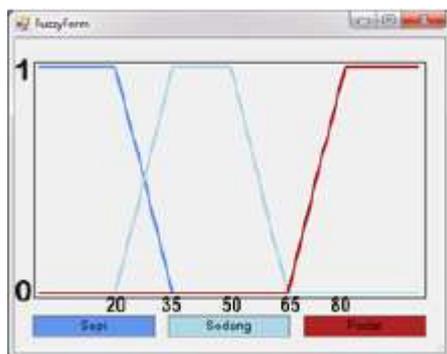
Setelah ditentukannya ROI tersebut maka proses selanjutnya adalah proses identifikasi kendaraan berdasarkan perbedaan selisih antara citra uji dan citra jalan kosong yang akan diperlihatkan pada Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. Proses Deteksi Kendaraan.

3.3. Pengujian Program

Pengujian kepadatan jalan raya menggunakan teknik logika fuzzy dengan fungsi keanggotaan sepi, sedang, ramai ataupun padat. Dalam hal ini penulis memberikan batasan pada logika fuzzy dengan ketentuan fungsi keanggotaan sebagai berikut: Jika kepadatan jalan terdeteksi antara 0%-35%, maka dikatakan keadaan lalu lintas sepi. Jika kepadatan jalan terdeteksi antara 20%-65%, maka dikatakan keadaan lalu lintas sedang. Jika kepadatan jalan terdeteksi lebih dari 65%, maka keadaan lalu lintas dikatakan padat. Pada pengujian program dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 11 berikut ini.



Gambar 11 Fungsi Keanggotaan Kepadatan Jalan

3.4. Hasil Pengujian Data

Setelah dilakukan pengujian simulasi program maka didapatkan dari jumlah data yang diteliti sebanyak

40 buah data citra uji dapat dilihat pada Tabel 1. di bawah ini.

Tabel 1. Data Hasil Percobaan Pengujian Program

Citra Ke	GT	Deteksi	TP	TN	FP	FN	Kepadatan %
1	7	7	√				33,28
2	2	2	√				6,07
3	4	4	√				0,96
4	7	5		√			16,38
5	7	7	√				10,15
6	7	7	√				8,74
7	3	3	√				6,85
8	7	5		√			7,55
9	1	1	√				1,1
10	0	0				√	0%
11	2	3			√		2,6
12	2	1		√			0,64
13	4	3		√			2,02
14	4	4	√				8,67
15	3	3	√				3,19
16	6	6	√				4,69
17	4	4	√				7,56
18	2	2	√				1,14
19	7	7	√				23,89
20	9	9	√				14,09
21	9	9	√				28,21
22	5	5	√				19,25
23	5	5	√				6,28
24	6	6	√				3,39
25	4	3		√			26,54
26	2	2	√				0,76
27	4	4	√				9,12
28	4	4	√				31,37
29	4	4	√				19,23
30	3	3	√				7,58
31	2	2	√				0,83
32	0	0				√	0%
33	5	5	√				15,6
34	3	3	√				11,99
35	2	2	√				0,54
36	3	3	√				3,03
37	5	5	√				8,99
38	8	8			√		7
39	6	6	√				5,51
40	6	5		√			1,61

Hasil eksperimen ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil Eksperimen Kolom GT adalah Ground Truth yang merupakan data observasi visual secara manual dan merupakan data rujukan untuk proses deteksi yang ditunjukkan pada kolom berikutnya. Kolom TP adalah hasil True Positive, TN adalah True Negative, FP adalah False Positive dan FN adalah False Negative sesuai dengan yang dijelaskan sebelumnya. Dari hasil percobaan dengan 38 sampel, diperoleh tingkatan probabilitas seperti terlihat pada Tabel 2. Probabilitas di bawah ini.

Tabel 2. Probabilitas Hasil Percobaan

Kolom	Jumlah	Presentase
True Positive	30	75%
True Negative	6	15%
False Positive	2	5%
False Negative	2	5%

Dari hasil Tabel 2 Probabilitas di atas dapat disimpulkan bahwa tingkat sensitivitas (the test's ability to identify positive results) dari metode yang digunakan adalah (Yao, 2003):

$$S_n = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{75\%}{75\% + 5\%} = 93\%$$

Berdasarkan data di atas tingkat sensitivitas metode ini sangat tinggi/baik dibandingkan tingkat spesivitasnya, dikarenakan pengaruh dari citra uji yang diambil. Warna kendaraan yang hampir menyerupai warna jalan dapat menyebabkan kendaraan tidak dapat terdeteksi dengan baik atau

kendaraan yang saling berdekatan juga dapat berpengaruh terhadap hasil pengujian program pada metode ini. Hasil ujicoba dari citra ke-20, 27 dan 28 dengan data seperti di bawah ini:

Hasil ujicoba dari citra ke-20, 27 dan 28 dengan data seperti di bawah ini: 21 GT = 9, Deteksi = 9 dan Kepadatan = 28,21%, 28 GT = 4, Deteksi = 4 dan Kepadatan = 31,37%, 29 GT = 4, Deteksi = 4 dan Kepadatan = 19,23%. Akan terlihat perbedaan dengan jumlah kendaraan yang lebih besar (9 kendaraan) menghasilkan kepadatan 28,21%, sedangkan dengan jumlah kendaraan yang lebih kecil (4 kendaraan) menghasilkan kepadatan 31,37%. Ternyata jumlah kendaraan tidak berpengaruh besar terhadap kepadatan kendaraan di jalan raya jika kendaraan tersebut hanya roda dua sedangkan jumlah kendaraan roda 4 dapat menghasilkan yang signifikan.

4. PENUTUP

Hasil dari dalam pemodelan ini, didapatkan identifikasi kendaraan yang baik sehingga metode visi komputer ini cocok untuk sistem pendukung keputusan apakah kendaraan tersebut sepi, sedang atau ramai, bahkan dapat menghitung jumlah kendaraan yang berada dalam jangkauan kamera perekam. Karena proses pengambilan citra yang baik bergantung kepada pencahayaan dan juga warna pada kendaraan. Citra berhubungan erat dengan cahaya pada saat citra diambil, jika cahaya kurang menyebabkan citra yang diambil menjadi gelap sehingga proses tidak berjalan maksimal dikarenakan nantinya kendaraan akan menjadi berwarna mendekati warna jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Burger, W., dan Burge, M.J., 2009. Principles of Digital Image Processing. Springer- Verlag. London. Hal.26.
- [2] Fisher, R., Perkins, S., Walker, A. & Wolfart, E. 2003. Hough Transform. <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/hough.htm>. (diakses 25 November 2013)
- [3] Ghozi, M.F., Yuliana, M., Sudibyo, R.W. 2013. Pembuatan Sistem Pendeteksi Kecepatan Kendaraan untuk Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas sebagai Bagian dari Intelligent Transportation System (ITS). Jurnal Elektro PENS. Vol.2. No.1.
- [4] Hadi, S., dan Samara, Y.R. 2012. Deteksi Objek Kendaraan pada Citra Dijital Menggunakan Metode Visi Komputer. Jurnal Ilmiah Komputer. Vol. 8 (2) : 215-223
- [5] Hart, P. E., 2009. How the Hough Transform was Invented, IEEE Signal Processing Magazine, Vol 26, Issue 6, pp 18 – 22.
- [6] Learned-Miller, E.G. 2011. Introduction to Computer Vision. Department of Computer Science University of Massachusetts. USA. page 2
- [7] Lim, R., Thiang & Rizal, Y.H. 2003. Pengukuran Kepadatan Arus Lalu Lintas Menggunakan Sensor Kamera. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- [8] Lopes, D. (2012). Important Concept in Signal Processing, Image Processing, and Data Compression. Delhi : University Publication. Page. 24, 27, 32, and 35.
- [9] Republik Indonesia. 1997. Direktorat Jenderal Bina Marga tentang Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI).
- [10] Matuszak, M. dan Scheiber, T. (2012). Mathematical Methods for Signal and Image Analysis and Representation. London : Springer. Page. 272.
- [11] Menhub. 2006. Keputusan Menteri Perhubungan No.14. tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan.
- [12] Miller, G., Fels, S. and Oldridge, S. 2011. A Conceptual Structure for Computer Vision. Canadian Conference on Computer and Robot Vision. IEEE. Page 168- 174.
- [13] Nosrati, M., Karimi, R., Hasanvad, H.A., 2012. Extracting the Initial Sketch of Paintings Using Different Hough Transforms. World Applied Programming, Vol (2), Issue (5), p.278-284
- [14] Banjarnahor J. dkk, 2019. Audio steganography applications using auditory features watermarking. MECNIT 2018 Journal of Physics: Conf. Series 1230 (2019) 012073.
- [15] Chau, S., Banjarnahor, J., Irfansyah, D., Kumala, S., & Banjarnahor, J. (2019). Analisis Pendeteksian Pola Wajah Menggunakan Metode Haar-Like Feature. JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering). 2 (2):69-76.
- [16] M. Yasir and E. Indra, "Rancang Bangun Model Sistem Real Monitoring Lalu Lintas Dengan Menggunakan Raspberry Pi," J. Sist. Inf. dan Ilmu Komput. Prima (JUSIKOM Prima), vol. 3, no. 1, pp. 43–50, 2019.
- [17] M. Turnip et al., "Detection of Vehicle Maximum Speed with an Infrared Sensor Based on Raspberry Pi 3 b +," in 2020 3rd International Conference on Mechanical, Electronics, Computer, and Industrial Technology (MECNIT), 2020, pp. 317–320.