Estimasi Kecepatan Multi Objek Kendaraan Menggunakan Metode Vanishing Point

R. Permana [1], T. N. Nizar[2]
Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia
[1]rizaldi31@gmail.com, [2]taufiq.nizar@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan jumlah kendaraan terjadi pada semua jenis kendaraan setiap tahunnya. Hal ini akan menimbulkan kemacetan yang memiliki dampak negatif. Kemacetan tersebut dapat dikurangi dengan melakukan rekayasa lalu – lintas, namun untuk mengambil data kondisi lalu – lintas masih banyak ditemukan kesulitan. Sistem yang dibangun dapat mengambil data kondisi lalu – lintas seperti jumlah dan kecepatan kendaraan menggunakan kamera dan pengolahan citra. Dengan memanfaatkan *vanishing point,* sebuah gambar yang memiliki distorsi perspektif dapat di rektifikasi, sehingga gambar jalan dapat terlihat lurus seperti pada dunia nyata. Hasil titik tracking kendaraan pada gambar jalan dikonversi menjadi titik koordinat pada gambar rektifikasi. Dengan menghitung jarak perpindahan kendaraan setiap frame nya pada gambar rektifikasi, lalu dikalikan dengan skala kilometer per pixel dan dibagi dengan waktu antar frame, maka kecepatan kendaraan dapat terdeteksi. Hasil estimasi kecepatan kendaraan oleh sistem dibandingkan dengan hasil pengamatan langsung memiliki selisih sebesar 8.22 km/jam.

Kata Kunci : Estimasi Kecepatan Kendaraan, Pengolahan Citra , Rektifikasi Gambar, *Vanishing Point*

ABSTRACT

An increase in the number of vehicles occurs in all vehicle types annually. This will cause congestion that has a negative impact. The congestion can be reduced by doing traffic engineering, but to retrieve data on traffic conditions there are still many difficulties. The built system can retrieve traffic condition data such as the number and speed of vehicles using camera and image processing. By utilizing vanishing points, an image that has a perspective distortion can be rectified, so the image of the road can look straight as in the real world. The result of the vehicle tracking point on the road image is converted to coordinate point on the rectified image. By calculating the vehicle movement distance of each frame in the rectified image, then multiplied by the scale of kilometers per pixel and divided by the time between frames, the vehicle speed can be detected. The estimated speed of the vehicle by the system compared with direct observations has a difference of 8.22 km / hour.

Keywords: Vehicle Speed Estimation, Image Processing, Image Rectification, Vanishing Point

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), pada periode tahun 2011-2015 terdapat peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang cukup tinggi dari 85.601.351 hingga 121.394.185 atau 9,13 persen per tahun. Peningkatan jumlah kendaraan terjadi pada semua jenis kendaraan (mobil penumpang, bis, mobil barang, sepeda motor) setiap tahunnya[1]. Dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor tersebut jika tidak ditingkatkan sarana dan prasarana transportasi maka akan terjadi kemacetan yang memiliki dampak negatif seperti lamanya waktu tempuh, padatnya kendaraan disuatu titik kemacetan, dan terhambatnya kendaraan darurat. Ada beberapa cara untuk mengurangi dampak kemacetan seperti pemberlakuan plat nomor ganjil genap, sistem buka tutup, sistem satu arah, pengalihan arus lalu lintas, dan pengaturan lampu lalu lintas. Untuk dapat membuat rekayasa lalu – lintas maka diperlukan data – data kondisi lalu – lintas

Pada tugas akhir ini, sistem yang akan dibangun adalah sistem untuk mengambil data kecepatan kendaraan menggunakan kamera dan pengolahan citra. Tugas akhir ini merupakan pengembangan dari tesis yang berjudul "*Deteksi Dan Tracking Multi Objek Berdasarkan Deteksi Ciri Pada Intelligent Transportation*"[2]. Hal yang akan dikembangkan pada tugas akhir ini yaitu mengimplementasikan estimasi kecepatan kendaraan kedalam satuan km/jam.

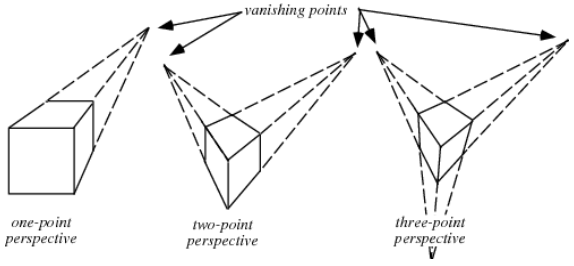
Ada beberapa batasan masalah dalam pengerjaan tugas akhir ini yaitu :

1. Pengujian dilakukan pada kondisi cerah dan cuaca tidak hujan.
2. Kamera yang digunakan untuk pengambilan data tidak bergerak (diam).
3. Posisi kamera berada pada jembatan penyebrangan orang.
4. Jalan bersifat lurus, memiliki garis pinggir dan marka jalan yang jelas.
5. Memiliki marka jalan berupa dua garis putus – putus.
6. Jenis kendaraan yang dapat di deteksi hanya motor dan mobil.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Vanishing Point

Perspektif adalah seni dan matematika yang secara realistis menggambarkan benda tiga dimensi dalam bidang dua dimensi, kadang-kadang disebut sentris atau perspektif alami untuk membedakannya dari perspektif bicentrik. Studi proyeksi benda dalam bidang disebut *projective geometry*[3].



Gambar 1 Perspektif dan vanishing point

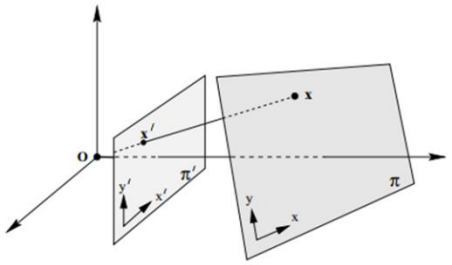
Vanishing point adalah titik atau titik – titik yang merupakan perpanjangan dari garis – garis yang sejajar tampak berkumpul dalam gambar perspektif[4].

2.2 Proyeksi Geometri

Geometri adalah studi tentang sifat invarian di bawah kelompok transformasi. Dari sudut pandang ini, proyeksi geometri 2D adalah studi tentang sifat dari bidang proyeksi *IP2* yang invarian di bawah kelompok transformasi yang dikenal sebagai projektivitas. Sebuah keproyeksian adalah pemetaan yang dapat dibalik dari titik-titik di *IP2* (yaitu homogen vector-3) sampai titik-titik di *IP2* yang memetakan garis pada garis. Sebuah keproyeksian juga disebut kolineasi, transformasi proyektif atau homografi[5].

Transformasi proyektif planar adalah transformasi linier pada vektor 3 homogen yang ditunjukkan oleh matriks 3 × 3 non-tunggal, secara singkat ditulis *x' = Hx* [5]:

$$\begin{pmatrix} x_1' \\ x_2' \\ x_3' \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}$$



Gambar 2 Proyeksi sentral memetakan titik dalam suatu bidang ke titik pada bidang lain. Proyeksi juga memetakan garis ke garis yang mungkin terlihat dengan mempertimbangkan sebuah bidang melalui pusat proyeksi yang berpotongan dengan dua bidang π dan π'. Karena garis dipetakan ke garis, proyeksi sentral adalah sebuah projektivitas dan mungkin diwakili oleh pemetaan linear dari koordinat homogen x' = Hx*[5]*.

2.3 Rektifikasi Gambar

Salah satu kesalahan yang relatif umum ketika mengambil foto adalah membuat sebuah rotasi kamera yang tidak disengaja (ke segala arah) yang mengarah ke perspektif dan distorsi lainnya. Tujuan dari proyek ini adalah untuk secara otomatis memperbaiki distorsi ini dan mendekatkan gambar ke tampilan fronto-paralel (tampilan fronto-paralel sesuai dengan orientasi kamera sehingga objek persegi panjang yang tegak pada kenyataan, misalnya pintu atau jendela, berbentuk segi empat juga pada gambar. Secara khusus, kami melakukan rektifikasi affine yang mengembalikan paralelisme garis yang sejajar dalam tampilan fronto-parallel. Homografi 2D yang sesuai dengan rektifikasi affine dihitung dari sepasang vanishing point[6]. Komponen dalam matriks homografi tersebut berisi :

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ l_a & l_b & l_c \end{bmatrix}$$

Dimana *vanishing line* $\vec{l}_{12} = [l_a \quad l_b \quad l_c]^T$ didapatkan dari perkalian silang vektor $\vec{l}_{12} = \vec{v}p_1 \times \vec{v}p_2$. Misalkan $\vec{v} = [v_x \quad v_y \quad 0]^T$ adalah *vanishing point* setelah proses rektifikasi yang dekat ke sumbu Y gambar, $\vec{Y} = [0 \quad 1 \quad 0]^T$. Kemudian $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{v_y}{\sqrt{v_x^2+v_y^2}}\right)$ adalah sudut dari rotasi, dan matriks rotasi adalah[6] :

$$R = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

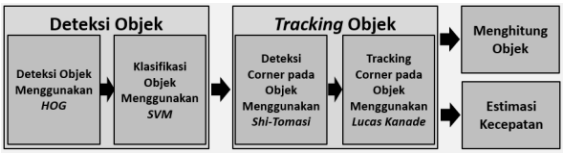
Perkalian matriks dari matriks rektifikasi dan rotasi, $T = RH$, digunakan untuk melengkungkan gambar. Gambar yang telah dilengkungkan dipotong dan dikembalikan skala nya ke ukuran gambar awal[6].

2.4 Histogram Of Oriented Gradient

Ide dasar dari metode ini adalah wujud dan bentuk objek lokal dapat dikarakteristikkan dengan mendistribusikan intensitas gradien lokal atau arah tepi, meskipun tanpa memiliki presisi yang tepat dari kesesuaian posisi gradien atau tepi. Secara teknis implementasi HOG dengan membagi citra ke dalam bagian-bagian yang kecil yang dinamakan sel ("*cell"*), pada setiap sel dihitung histogram lokal arah gradien atau tepi dari setiap *pixel* pada sel. Kombinasi dari histogram-histogram lokal akan membentuk representasi. Untuk pendeteksian lebih baik terhadap gangguan pencahayaan, bayangan dan lain-lain, dapat digunakan normalisasi kontras pada respon lokal. Normalisasi kontras dilakukan dengan mengakumulasi beberapa histogram lokal yang berdekatan ke dalam bagian yang lebih besar dari sel yang dinamakan blok ("*block*"). Histogram-histogram tersebut dijadikan fitur vektor yang akan diklasifikasikan menggunakan linear *Support Vector Machine* untuk menghasilkan keluaran berupa objek atau bukan objek[2].

2.5 Deteksi Dan Tracking Objek

Proses deteksi objek dilakukan dengan dua langkah, yaitu pertama pembentukan detector berupa feature vector menggunakan HOG, kedua klasifikasi objek atau bukan objek terhadap feature vector yang telah dibentuk oleh HOG menggunakan linear SVM[2].



Gambar 3 Diagram blok sistem deteksi dan tracking objek*[2]*.

Proses tracking diawali dengan pencarian corner pada objek yang telah terdeteksi dengan menggunakan metode Shi-Tomashi corner detector, selanjutnya tracking dilakukan terhadap corner yang telah terdeteksi menggunakan metode Lucas Kanade tracker[2].

2.6 Arus Lalu - Lintas

Arus lalu - lintas (Q) untuk setiap gerakan dikonversi dari kendaraan per-jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per-jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing - masing pendekat terlindung dan terlawan[7]:

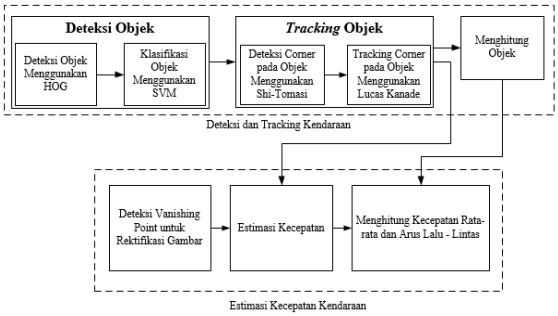
Tabel 1 ekivalen kendaraan penumpang

Jenis Kendaraan	emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0
Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3
Sepeda Motor (MC)	0.2	0.4

III. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Diagram Blok Sistem

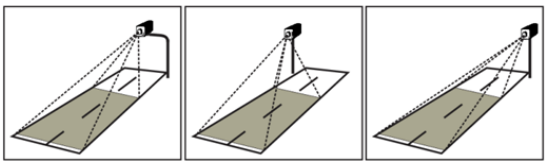
Berikut ini adalah diagram blok dari keseluruhan sistem, yaitu pada awalnya vanishing point di deteksi untuk rektifikasi gambar, dari gambar rektifikasi didapatkan skala km per pixel dengan membandingkan jarak pembanding pada gambar dengan jarak pembanding sebenarnya, lalu kendaraan di deteksi, tracking, dan dihitung. Kemudian dilakukan proses estimasi kecepatan kendaraan yang menghasilkan informasi berupa kecepatan rata-rata kendaraan dan arus lalu - lintas.



Gambar 4 Diagram blok sistem

3.2 Posisi Penempatan Kamera

Kamera merupakan sumber data utama pada sistem ini. Kamera dipasang diatas jembatan penyebrangan orang dengan menghadap berlawanan dengan arus kendaraan yang melintas.



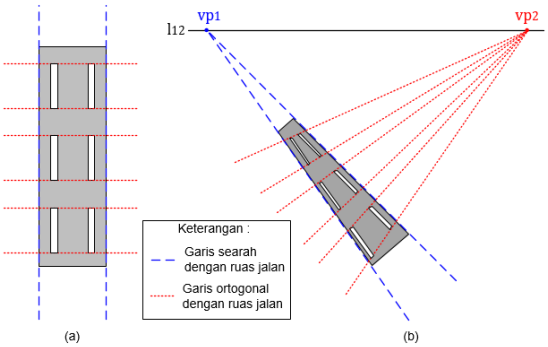
a b c

Gambar 5 Perancangan penempatan posisi kamera terhadap jalan,ditengah jalan(a), disebelah kiri jalan(b), disebelah kanan jalan(c)

Terdapat tiga posisi penempatan kamera yaitu tepat ditengah, sebelah kiri, dan sebelah kanan jalan.

3.3 Perancangan Rektifikasi Gambar

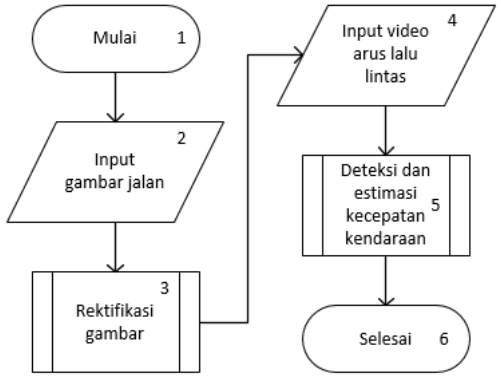
Pada sistem koordinat dunia nyata sebuah jalan memiliki garis – garis yang sejajar seperti garis pinggir jalan dan garis yang tegak lurus (ortogonal) dengannya. Tapi dalam sistem koordinat gambar, garis – garis sejajar tersebut akan bertemu pada vanishing point karena memiliki distorsi perspektif seperti pada Gambar 6 (b).



Gambar 6 Model garis – garis jalan pada sistem koordinat dunia nyata (a), garis – garis jalan pada sistem koordinat gambar (b).

Pada sistem yang akan dibangun, dilakukan proses perbaikan gambar secara geometri (rektifikasi gambar) untuk mengembalikan gambar jalan yang perspektif menjadi gambar jalan yang lurus sehingga terlihat seperti pada sistem koordinat dunia nyata. Model dari gambar jalan terdistorsi perspektif dan gambar rektifikasi terlihat seperti pada Gambar 2 dimana gambar terdistorsi berada pada bidang π' dan gambar rektifikasi berada pada bidang π. Rektifikasi gambar tersebut dilakukan dengan mengalikan setiap titik koordinat gambar dengan matriks H sehingga menghasilkan koordinat baru, dengan rumus x'=Hx, untuk mencari titik koordinat gambar rektifikasi rumusnya menjadi $x=H^{-1}x'$.

3.4 Perancangan Algoritma



Gambar 7 Diagram alir utama sistem

Pada Gambar 7 menunjukkan diagram alir utama program, berikut merupakan penjelasan dari diagram alir tersebut.

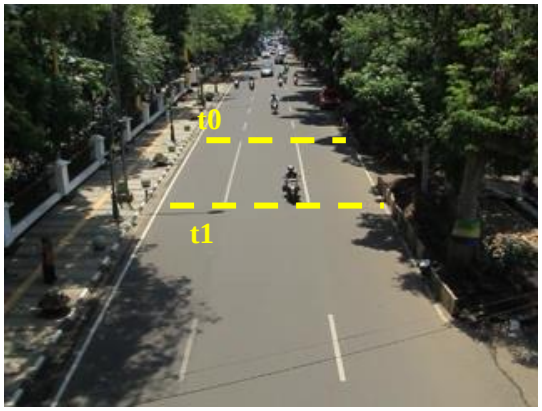
Tabel 2 Keterangan diagram alir utama

No	Keterangan
1	Program dimulai.
2	User memasukan gambar jalan untuk proses kalibrasi.
3	Jalankan prosedur rektifikasi gambar untuk rektifikasi gambar jalan yang memiliki distorsi perspektif dan mengetahui skala pada gambar.
4	User memasukan video yang berisi arus lalu lintas.
5	Prosedur deteksi dan estimasi kecepatan kendaraan dilakukan untuk mengetahui kecepatan kendaraan yang melintas.
6	Program selesai.

3.5 Perancangan Pengujian

Untuk membandingkan kecepatan kendaraan hasil estimasi sistem, maka dilakukan pengukuran kecepatan kendaraan dengan pengamatan langsung yaitu menghitung waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk melintas dari t0 ke t1 (diukur menggunakan stopwatch). Dengan mengetahui jarak dari t0 ke t1 (diukur menggunakan meteran) maka untuk mengetahui kecepatan kendaraan dalam satuan km/jam adalah :

$$Kecepatan = \frac{Jarak\ (m)\ /\ 1000}{Waktu\ yang\ dibutuhkan(detik)\ /\ 3600}$$



Gambar 8 Mengukur kecepatan dengan pengamatan langsung

Ada beberapa pengujian yang akan dilakukan untuk selanjutnya dilakukan proses analisis pada sistem ini yaitu :

1. Menguji nilai kecepatan kendaraan hasil estimasi sistem dibandingkan dengan pengamatan langsung.
2. Membandingkan nilai kecepatan kendaraan ketika posisi kamera di kiri, tengah, dan kanan jalan.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Estimasi Kecepatan Kendaraan Dengan Kamera Pada Posisi Kanan Jalan

Tabel 3 merupakan perbandingan kecepatan kendaraan dengan hasil estimasi sistem selisih hasil estimasi sistem memiliki rata – rata sebesar 11.26.

Tabel 3 perbandingan kecepatan kendaraan dengan kamera pada posisi kanan jalan

No	Jenis Kendaraan	Kecepatan hasil pengamatan (km/h)	Kecepatan hasil estimasi sistem (km/h)	Selisih
1	mobil	32.5	44.36	11.86
2	mobil	29.81	56.26	26.45
3	mobil	34.93	50.17	15.24
4	motor	48.25	53.87	5.62
5	motor	40.35	54.74	14.39
6	motor	31.2	41.48	10.28
7	mobil	34.16	41.47	7.31
8	motor	37.44	48.31	10.87
9	mobil	30.59	35.95	5.36
10	motor	35.73	40.96	5.23

4.2 Pengujian Estimasi Kecepatan Kendaraan Dengan Kamera Pada Posisi Tengah Jalan

Tabel 4 merupakan perbandingan kecepatan kendaraan dengan hasil estimasi sistem selisih hasil estimasi sistem memiliki rata – rata sebesar 8.571.

Tabel 4 perbandingan kecepatan kendaraan dengan kamera pada posisi tengah jalan

No	Jenis Kendaraan	Kecepatan hasil pengamatan (km/h)	Kecepatan hasil estimasi sistem (km/h)	Selisih
1	Mobil	36.5625	49.69	13.13
2		27.7	38.84	11.14
3		31.2	44.93	13.73
4		16.48	15.21	-1.27
5		31.2	36.99	5.79
6		34.16	47.15	12.99
7		32.73	48.14	15.41
8		50.32	46.82	-3.5
9		39.33	49.84	10.51
10		27.21	35.02	7.81

4.3 Pengujian Estimasi Kecepatan Kendaraan Dengan Kamera Pada Posisi Kiri Jalan

Tabel 5 merupakan perbandingan kecepatan kendaraan dengan hasil estimasi sistem selisih hasil estimasi sistem memiliki rata – rata sebesar 4.811.

Tabel 5 perbandingan kecepatan kendaraan dengan kamera pada posisi tengah jalan

No	Jenis Kendaraan	Kecepatan hasil pengamatan (km/h)	Kecepatan hasil estimasi sistem (km/h)	Selisih
1	Mobil	31.2	37.54	6.34
2		42.94	54.01	11.07
3		33.19	31.31	-1.88
4		36.56	43.15	6.59
5		53.18	65.98	12.8
6		32.73	40.38	7.65
7		29.43	30.96	1.53
8		42.16	38.73	-3.43
9		31.41	35.91	4.5
10		34.16	37.10	2.94

4.4 Pengujian Arus Lalu – Lintas

Untuk menghitung arus lalu – lintas, jumlah kendaraan dikonversi menjadi satuan mobil penumpang menggunakan ekivalen mobil penumpang dengan terlindung mengingat tempat pengambilan data memiliki arus lalu – lintas searah, lalu dibandingkan dengan kapasitas jalan tersebut, dalam hal ini kapasitas kendaraan berdasarkan data dishub tahun 2000 untuk Jl. Wastukencana tempat pengambilan data adalah 3578 smp/jam.

Tabel 6 menunjukan perhitungan derajat kejenuhan lalu lintas dengan posisi kamera pada tengah jalan. Waktu pengambilan data yaitu 5 menit 12 detik sehingga jumlah kendaraan yang terdeteksi dikalikan dengan 11.5385 sehingga menjadi kendaraan/jam.

Tabel 6 perhitungan arus lalu - lintas

Jenis Kendaraan	Rata – rata kecepatan (km/jam)	Jumlah terdeteksi	Jumlah smp/jam	Derajat kejenuhan lalu - lintas
Mobil	37.80	205	3006.93	0.84
Motor	42.99	303		

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Sistem yang dibangun dapat digunakan untuk pengambilan data kecepatan kendaraan dan arus lalu – lintas.
2. Estimasi kecepatan kendaraan oleh sistem memiliki selisih rata – rata 8.22 dari hasil pengamatan langsung, hal ini sulit di validasi mengingat dapat terjadinya kesalahan manusia dalam mengukur ketika melakukan pengamatan langsung.
3. Rektifikasi gambar membuat gambar jalan yang terdistorsi perspektif menjadi lurus sehingga pengambilan data dapat dilakukan dengan posisi kamera dimana pun tanpa harus melakukan kalibrasi kamera.
4. Dengan mengetahui arus lalu – lintas dan kecepatan rata – rata kendaraan, maka karakteristik suatu jalan dapat diketahui menggunakan grafik hubungan arus - kecepatan.

5.2 Saran

Ada beberapa saran bagi yang akan mengembangkan sistem ini yaitu :

1. Menggunakan deteksi tepi untuk memilih garis – garis yang searah dengan ruas jalan maupun ortogonal dengan ruas jalan
2. Menggunakan alat kalibrasi untuk membandingkan hasil estimasi sistem
3. Menggabungkan hasil sistem dengan data yang ada pada dinas perhubungan untuk mengetahui kondisi lalu – lintas
4. Membuat sistem informasi untuk memberikan informasi kondisi lalu – lintas kepada masyarakat

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Pusat Statistik, *Statistik Transportasi Darat 2015*. Badan Pusat Statistik.

[2] T. N. Nizar, N. Anbarsanti, and A. S. Prihatmanto, "Multi-object tracking and detection system based on feature detection of the intelligent transportation system," in *2014 IEEE 4th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)*, 2014, vol. 4, pp. 1–6.

[3] E. W. Weisstein, "Perspective." [Online]. Available: http://mathworld.wolfram.com/Perspective.html. [Accessed: 22-Feb-2018].

[4] E. W. Weisstein, "Vanishing Point." [Online]. Available: http://mathworld.wolfram.com/VanishingPoint.html. [Accessed: 22-Feb-2018].

[5] R. Hartley and A. Zisserman, *Multiple View Geometry in Computer Vision*, 2nd ed. New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2003.

[6] K. Chaudhury, S. DiVerdi, and S. Ioffe, "Auto-rectification of user photos," *2014 IEEE Int. Conf. Image Process. ICIP*, pp. 3479–3483, 2014.

[7] Direktorat Jenderal Bina Marga, "Manual Kepadatan Jalan Indonesia." 1997.