

PERBAIKAN DISTORSI, DETEKSI DAN SEGMENTASI RAMBU LALU LINTAS PADA REKAMAN *DASHCAM* MOBIL

Caroline Wen, Lukman Zaman
Sekolah Tinggi Teknik Surabaya (STTS)
wenxiu.caroline@gmail.com

ABSTRAK

Rambu lalu lintas merupakan bagian perlengkapan jalan berupa lambang, huruf, angka, kalimat, dan/atau perpaduan yang berfungsi sebagai peringatan, larangan, perintah, atau petunjuk bagi pengguna jalan. Hadirnya sistem deteksi dan segmentasi rambu lalu lintas akan membantu pengguna jalan terhindar dari pelanggaran lalu lintas dan kecelakaan akibat melalaikan keberadaan rambu, dan tidak membahayakan pengguna jalan lain. Penelitian mengajukan sistem deteksi dan segmentasi rambu lalu lintas dengan input video rekaman *dashcam* pada kendaraan mobil, mengombinasikan segmentasi berbasis warna dengan *range threshold color space* HSV, operasi morfologi, dan segmentasi berbasis bentuk dengan fitur *metric* dan *eccentricity*. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang menggunakan kamera biasa / *handphone*; penelitian menggunakan *dashcam* sebagai kamera video yang secara spesifik dibuat untuk merekam tampilan jalan selama kendaraan beroperasi. Distorsi hasil rekaman *dashcam* diperbaiki dengan aplikasi *Camera Calibrator* pada Matlab, menggunakan pola kalibrasi *checkerboard*. Sistem yang diajukan mampu memperbaiki distorsi, melakukan deteksi dan segmentasi rambu, serta memunculkan notasi jenis rambu dengan tingkat akurasi 91.67%, selama rambu berada pada *range* 1.5 hingga 15 meter dari kendaraan mobil dan tidak ada objek lain yang menutupi rambu, dengan rambu larangan sebagai rambu yang lebih sulit terdeteksi karena memiliki porsi warna dasar yang lebih sedikit, hanya sebagai garis tepi.

Kata Kunci: traffic sign, detection & recognition, dashcam, image distortion, hsv.

1. PENDAHULUAN

Rambu lalu lintas merupakan bagian perlengkapan jalan berupa lambang, huruf, angka, kalimat, dan/atau perpaduan yang berfungsi sebagai peringatan, larangan, perintah, atau petunjuk bagi pengguna jalan [1]. Hadirnya sistem deteksi dan segmentasi rambu lalu lintas akan membantu pengguna jalan terhindar dari pelanggaran lalu lintas dan kecelakaan di jalan akibat melalaikan keberadaan rambu, dan tidak membahayakan / merugikan pengguna jalan lain.

Penelitian mengajukan sistem deteksi dan segmentasi dengan input video rekaman jalanan yang mengandung rambu lalu lintas yang digunakan di Indonesia, yang direkam dengan *dashcam* pada *dashboard* kendaraan mobil. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang menggunakan kamera biasa / *handphone*; penelitian menggunakan *dashcam* sebagai kamera video yang memang secara spesifik dibuat untuk merekam tampilan jalan secara kontinu selama kendaraan beroperasi seperti

CCTV. Namun terjadi distorsi signifikan pada video hasil rekaman karena *dashcam* memiliki lensa yang lebih lebar untuk menangkap lebih banyak *frame* [2]. Distorsi tersebut diperbaiki dengan aplikasi *Camera Calibrator* pada Matlab, dengan pola kalibrasi berupa *checkerboard* untuk mengestimasi parameter intrinsik, ekstrinsik, dan *lens distortion* dari kamera yang digunakan [3]. Selanjutnya penelitian mengombinasikan segmentasi berbasis warna dengan *range threshold* berbasis *color space* HSV, yang mampu mengatasi perubahan cahaya, bayangan, dan kondisi cuaca yang menjadi masalah penelitian serupa; operasi morfologi; dan segmentasi berbasis bentuk dengan fitur *metric* dan *eccentricity* untuk mendeteksi dan mengenali jenis rambu, dan memunculkan notasi jenis rambu (perintah, larangan, peringatan atau petunjuk).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian bertempat di kota Surabaya, Indonesia dan berlangsung dari kurun waktu

April hingga Agustus 2017 untuk studi pustaka, analisa dan perancangan data, pengumpulan data, implementasi, pengujian, hingga dokumentasi. Objek penelitian berupa rambu lalu lintas yang umum digunakan di Indonesia, 4 jenis rambu utama berupa: rambu perintah, larangan, peringatan & petunjuk [1].

a. Rambu Peringatan

Memberi peringatan kemungkinan ada bahaya di jalan atau tempat berbahaya pada jalan dan menginformasikan tentang sifat bahaya. Warna dasar kuning, garis tepi hitam, lambang hitam, dan huruf dan/atau angka hitam.

b. Rambu Larangan

Menyatakan perbuatan yang dilarang dilakukan oleh pengguna jalan. Warna dasar putih, garis tepi merah, lambang hitam, huruf dan/atau angka hitam, dan kata-kata merah; kecuali rambu batas akhir larangan memiliki garis tepi hitam.

c. Rambu Perintah

Menyatakan perintah yang wajib dilakukan oleh pengguna jalan. Warna dasar biru, garis tepi putih, lambang putih, huruf dan/atau angka putih, dan kata-kata putih.

d. Rambu Petunjuk

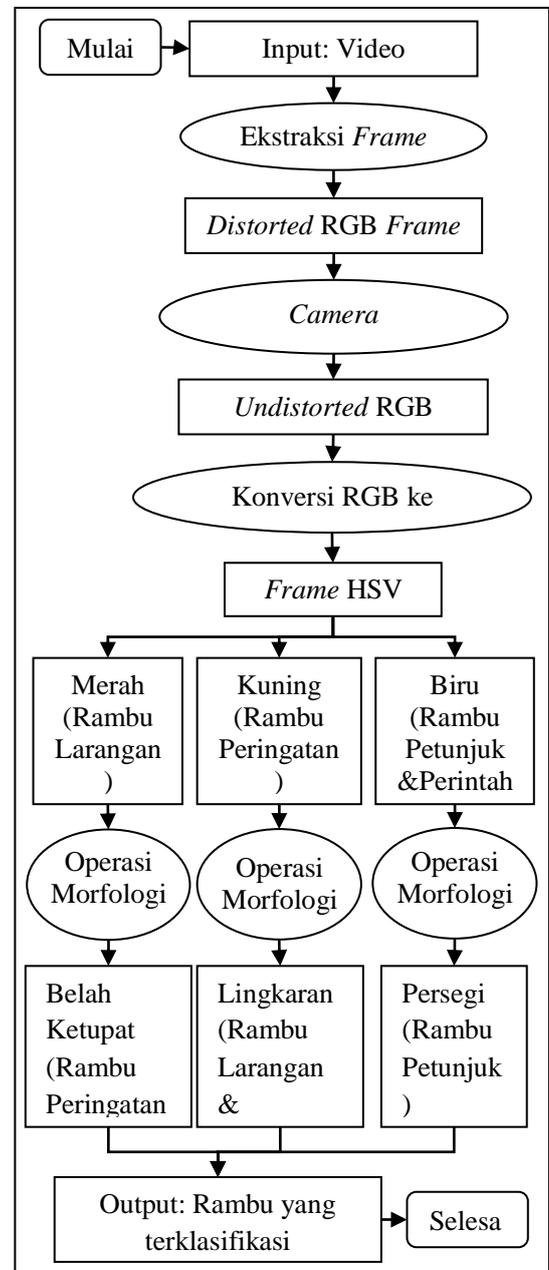
Memandu pengguna jalan saat melakukan perjalanan atau untuk memberikan informasi lain kepada pengguna jalan. Warna dasar biru, garis tepi putih, lambang putih, dan warna huruf dan/atau angka putih.



Gambar 1. Contoh Rambu Peringatan, Larangan, Peringatan dan Petunjuk
Sumber: [1]

Dataset dikumpulkan sendiri dengan cara merekam jalanan, lalu memotong video untuk mengambil bagian yang mengandung rambu lalu lintas. Video direkam menggunakan *dashcam* Xiao Mi Xiao Yi resolusi 1920 x 1080 pixel, 30 fps yang dipasang di dekat kaca spion tengah

pada bagian dalam mobil (*dashboard* mobil) dengan kecepatan melaju kendaraan di bawah 80 km/jam. Video direkam pada cuaca cerah di pagi atau siang hari, antara pukul 08.00 hingga 14.00 WIB. Terdapat 60 citra untuk mewakili masing-masing rambu dengan jarak bervariasi antara 1.5 hingga 15 meter. Gambar 2 menunjukkan rancangan sistem penelitian ini.



Gambar 2. Rancangan Sistem Penelitian

2.1 Ekstraksi *Frame*

Input berupa video rekaman jalanan yang mengandung rambu lalu lintas dari *dashcam* diekstrak setiap *frame* nya dan diubah menjadi citra untuk diolah.

2.2 Perbaikan Distorsi [3][4]

Efek *lens distortion* yang terjadi pada citra hasil rekaman akibat *wide lens* yang digunakan oleh *dashcam*, diperbaiki dengan *Camera Calibrator* yang merupakan salah satu aplikasi *built-in* Matlab R2015a Untuk hasil terbaik aplikasi memerlukan 10-20 citra pola kalibrasi, minimal 3 citra, dalam bentuk *uncompressed* atau format kompresi *lossless* seperti PNG. Dari pola tersebut, parameter intrinsik, ekstrinsik, dan *lens distortion* dari kamera yang kita gunakan dapat diestimasi. Parameter tersebut dapat digunakan untuk berbagai aplikasi *computer vision*, meliputi menghilangkan efek *lens distortion* dari sebuah citra, mengukur objek planar, atau merekonstruksi 3-D *scene* beberapa kamera.

Pola *checkerboard* merupakan target kalibrasi yang didukung oleh aplikasi ini, pola tidak boleh berbentuk persegi, salah satu sisi harus memiliki jumlah kotak yang genap, dan sisi lain harus memiliki jumlah kotak yang ganjil, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Sehingga, pola memiliki 2 kotak hitam di sudut pada satu sisi, dan 2 kotak putih di sudut sisi lainnya. Kriteria ini memungkinkan aplikasi untuk menentukan orientasi dari pola, *calibrator* menetapkan sisi yang lebih panjang sebagai arah-*x*.

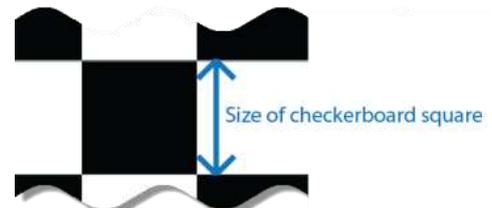


Gambar 3. Pola *Checkerboard*
Camera Calibrator
Sumber: [4]

Berikut cara menyiapkan pola *checkerboard*:

1. Hasil print pola *checkerboard* ditempelkan ke permukaan yang rata.
2. Ukur panjang sisi dari kotak *checkerboard*, ukuran diperlukan untuk kalibrasi. Ukuran

kotak bisa bervariasi bergantung pada pengaturan mesin printer.

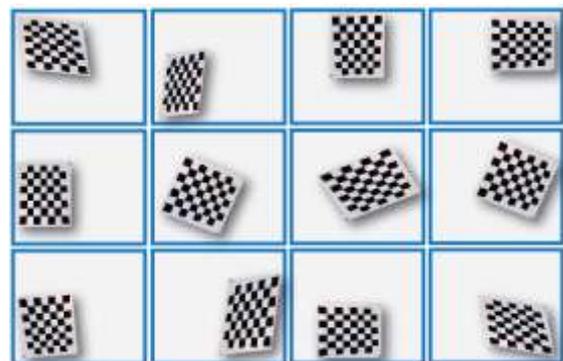


Gambar 4. Pengukuran Ukuran Kotak
Pola *Checkerboard*
Sumber: [4]

3. Untuk meningkatkan kecepatan deteksi, atur pola dengan sesedikit mungkin gangguan dari *background*.

Untuk akurasi kalibrasi yang lebih baik, aturan berikut perlu diikuti:

1. Tangkaplah gambar dari pola pada jarak yang kurang lebih setara dengan jarak dari kamera ke objek yang diinginkan.
2. Tempatkan *checkerboard* pada sudut kurang dari 45° relatif ke permukaan kamera.
3. Jangan memodifikasi citra, contohnya jangan memotong gambar.
4. Jangan menggunakan *autofocus*, atau mengganti *zoom* antar citra.
5. Tangkap citra pola *checkerboard* pada orientasi berbeda relatif terhadap kamera.
6. Tangkap cukup banyak citra berbeda dari pola sehingga meliputi *frame* citra sebanyak mungkin. Distorsi lensa meningkat secara radial dari tengah citra dan terkadang tidak sama rata menyeliputi *frame* citra. Untuk menangkap distorsi lensa, pola perlu nampak dekat dengan tepi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Penyebaran Pola *Checkerboard*

di Sekeliling *Frame*
 Sumber: [4]

Dari citra pola yang telah diambil, parameter intrinsik, ekstrinsik, dan *lens distortion* dari kamera dapat diestimasi, untuk kemudian disimpan dan diotomatisasi untuk perbaikan distorsi citra lain yang ditangkap dengan kamera yang sama.

2.3 Segmentasi Warna

Rambu lalu lintas memiliki warna khas yang cukup membedakannya dengan objek lain pada *background*. Ciri tersebut dapat dimanfaatkan untuk mensegmentasikan rambu dimana citra disegmentasi berdasarkan warna: merah untuk rambu larangan, kuning untuk rambu peringatan, dan biru untuk rambu perintah & petunjuk, dibantu dengan *range threshold* komponen HSV yang ditunjukkan pada Tabel 1, masing-masing komponen telah dinormalisasi ke [0,255] [5]. *Range* berikut berguna untuk membantu mendeteksi rambu walau berada dalam kondisi cuaca berbeda seperti cerah, mendung, sore, malam, dan sebagainya.

Tabel 1. Parameter Segmentasi Warna

Jenis Rambu	Warna	Parameter Segmentasi Warna		
		Hue	Saturation	Value
Peringatan	Kuning	$0.07 \leq H \leq 0.18$	≥ 0.58	≥ 0.26
Larangan	Merah	$H \geq 0.94$ atau $H \leq 0.04$	≥ 0.16	≥ 0.12
Perintah	Biru	$0.47 < H \leq 0.69$	≥ 0.50	≥ 0.08
Petunjuk	Biru	$0.47 < H \leq 0.69$	≥ 0.50	≥ 0.08

Sumber: [5]

Beberapa operasi morfologi berikut dilakukan sebelum berlanjut ke segmentasi bentuk, yaitu: citra dirubah menjadi *grayscale*, di-*threshold* menjadi *binary*, *bwareopen* untuk menghilangkan *noise / connected component* yang lebih kecil dari 700 pixel, *imclose* dan *imfill* untuk mengisi lubang yang terjadi kepada objek dari proses sebelumnya.

2.4 Segmentasi Bentuk

Deteksi berdasarkan warna saja akan kurang reliabel, dibutuhkan metode deteksi berbasis bentuk untuk lebih jauh mengeliminasi objek lain pada *background* yang berwarna serupa dengan rambu [5]. Rambu lalu lintas memiliki bentuk khas yang dapat dimanfaatkan untuk membedakannya dengan objek lain pada *background*. Terdapat 3 (tiga) bentuk dasar rambu yang dideteksi penelitian yaitu: belah ketupat untuk rambu peringatan, lingkaran untuk rambu larangan dan perintah, dan persegi untuk rambu petunjuk.

Nilai parameter *metric* dan *eccentricity* digunakan untuk mendeteksi bentuk rambu. *Metric* merupakan nilai perbandingan antara luas dan keliling objek, memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1. Objek yang berbentuk memanjang/ mendekati bentuk garis lurus, nilai *metric*nya mendekati angka 0, sedangkan objek yang berbentuk bulat/ lingkaran nilai *metric*nya mendekati angka 1 [6].

Eccentricity merupakan nilai perbandingan antara jarak *foci ellips minor* dengan *foci ellips mayor* suatu obyek, memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1. Bertolak belakang dengan *metric*, objek yang berbentuk memanjang/ mendekati bentuk garis lurus, nilai *eccentricity*nya mendekati angka 1, sedangkan objek yang berbentuk bulat/ lingkaran nilai *eccentricity*nya mendekati angka 0 [6]. Nilai parameter *metric* dan *eccentricity* yang digunakan penelitian tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Segmentasi Bentuk

Jenis Rambu	Bentuk	Parameter Segmentasi Bentuk	
		<i>Metric</i>	<i>Eccentricity</i>
Peringatan	Belah Ketupat	> 0.30	< 0.70
Larangan	Lingkaran	> 0.75	> 0.70
Perintah	Lingkaran	> 0.75	> 0.70
Petunjuk	Persegi	$0.60 < M < 0.75$	> 0.70

Sumber: [5], dengan penyesuaian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra hasil ekstraksi *frame* video rekaman *dashcam* mobil ditunjukkan pada Gambar 6, kemudian *lens distortion* pada citra diperbaiki

dengan parameter kamera yang diperoleh dari *Camera Calibrator*, hasil perbaikan ditunjukkan pada Gambar 7. Berikut parameter dari kamera *dashcam* yang digunakan oleh penelitian ini:

Camera Intrinsics

IntrinsicMatrix: [3x3 double]
FocalLength: [923.0428 932.1586]
PrincipalPoint: [1.0124e+03 569.6791]
Skew: 0

Lens Distortion

RadialDistortion: [-0.3458 0.1315 -0.1034]
TangentialDistortion: [0 0]

Camera Extrinsics

RotationMatrices: [3x3x93 double]
TranslationVectors: [93x3 double]

Accuracy of Estimation

MeanReprojectionError: 0.3242
ReprojectionErrors: [54x2x93 double]
ReprojectedPoints: [54x2x93 double]

Calibration Settings

NumPatterns: 93
WorldPoints: [54x2 double]
WorldUnits: 'mm' EstimateSkew: 0
NumRadialDistortionCoefficients: 3
EstimateTangentialDistortion: 0



Gambar 6. Citra Hasil Ekstraksi
Frame Video Dashcam



Gambar 7. Citra Jalanan setelah
Mengalami Perbaikan Distorsi

Hasil percobaan menunjukkan jarak terdekat rambu yang masih memungkinkan perbaikan distorsi adalah 1,5 meter dari kendaraan mobil. Kurang dari jarak tersebut rambu tidak dapat dikembalikan ke bentuk semula (belah ketupat, lingkaran, atau persegi) karena distorsi terlalu besar untuk diperbaiki untuk kemudian dideteksi bentuk rambu. Sementara jarak terjauh adalah 15 meter dari kendaraan mobil. Namun segmentasi berbasis warna (merah, kuning, biru) masih bekerja hingga jarak 0,5 meter dari kendaraan. Gambar 8 dan 9 berikut merupakan contoh perbaikan distorsi rambu petunjuk pada beberapa jarak berbeda rambu dari *dashcam* mobil.



Gambar 8. Distorsi Rambu pada Jarak Berbeda:
10 m, 3 m, dan jarak terdekat maksimum 1.5
meter



Gambar 9. *Zoom in* Citra Rambu Setelah
Diperbaiki Distorsinya; rambu pada jarak 10 m, 3
m, dan jarak terdekat maksimum 1.5 meter

Selanjutnya citra RGB dirubah ke *color space* HSV, hasil konversi ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Citra Jalanan Setelah Dirubah dari
Color Space RGB ke HSV

Citra kemudian melalui proses deteksi dan segmentasi warna berbasis *range color space* HSV, hasil ditunjukkan Gambar 11. Lalu, citra melalui proses deteksi dan segmentasi bentuk berbasis *metric* dan *eccentricity*, serta berhasil memunculkan notasi jenis rambu secara tepat.



Gambar 11. Citra Jalanan setelah Deteksi dan Segmentasi Warna Rambu



Gambar 12. Citra Jalanan setelah Deteksi dan Segmentasi Bentuk Rambu



Gambar 13. *Zoom in* Hasil Segmentasi

Dalam kondisi normal, cuaca cerah dan pada *range* jarak 1.5 hingga 15 meter, rambu dapat terdeteksi dan tersegmentasi dengan benar menggunakan sistem yang diajukan penelitian. Hasil pengujian dari perwakilan 60 citra untuk setiap jenis rambu, menunjukkan tingkat akurasi sebesar 91.67%. Rambu lalu lintas memiliki bentuk dan warna yang spesifik, dan memiliki posisi yang cenderung sejajar permukaannya ke

arah kendaraan mobil, membantu memisahkannya dari objek lain di *background* yang memiliki warna atau bentuk serupa.

Warna rambu peringatan lebih mudah dideteksi dan disegmentasi karena hanya menggunakan 2 warna utama yaitu kuning dan hitam, begitu pula rambu perintah yang juga hanya menggunakan 2 warna utama berupa biru dan putih. Sementara, rambu larangan menggunakan 3 warna: warna dasar putih, garis tepi merah, lambang hitam, huruf dan/atau angka hitam, menyebabkan proses deteksi dan segmentasi rambu larangan lebih sulit dan lebih mudah gagal. Namun rambu petunjuk yang mengombinasikan 3 warna biru, putih dan hitam tetap mudah dideteksi karena porsi warna biru di rambu petunjuk yang masih cukup besar bila dibandingkan dengan porsi warna merah pada rambu larangan yang hanya berupa garis tepi.

Adapun kesalahan deteksi tetap dapat terjadi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14, dan keberadaan objek lain yang menutupi permukaan rambu seperti sesama rambu, atau pohon akan menghalangi proses deteksi dan segmentasi rambu, contoh ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 14. Objek Lain yang Terdeteksi Sebagai Rambu



Gambar 15. Rambu Terhalangi Objek lain.

4. SIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI

Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem yang dirancang penelitian mampu memperbaiki distorsi, melakukan deteksi dan segmentasi rambu berdasarkan warna dan bentuk dari input berupa video rekaman *dashcam* mobil, sampai memunculkan notasi jenis rambu dengan tingkat akurasi 91.67%. Deteksi dan segmentasi dapat dilakukan selama rambu berada pada *range* 1.5 hingga 15 meter dari kendaraan mobil. Rambu peringatan, perintah dan petunjuk lebih mudah dideteksi daripada rambu larangan yang porsi warna dasarnya yang lebih kecil hanya berupa garis tepi. Keberadaan objek lain yang menutupi permukaan rambu akan menghalangi proses deteksi bentuk. Penelitian berikutnya dapat menspesifikkan jenis rambu yang dideteksi atau memasukkan hasil deteksi dan segmentasi ke algoritma pembelajaran untuk dipelajari dan otomatisasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 Tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas* [E-Reader Version]. Diakses dari <http://hubdat.dephub.go.id/km/tahun-2014/1626-peraturan-menteri-perhubungan-nomor-pm-13-tahun-2014-tentang-rambu-lalu-lintas>
- Dash Cam Buyer's Guide. Diakses dari <https://www.blackboxmycar.com/pages/dashcam-buyers-guide>
- Camera Calibrator. Diakses dari <http://www.mathworks.com/help/vision/ref/cameracalibrator-app.html>

Single Camera Calibration App. Diakses dari <https://www.mathworks.com/help/vision/ug/single-camera-calibrator-app.html?requestedDomain=www.mathworks.com>

Chen, Yixin dkk. (2013). Detection and Recognition of Traffic Signs Based on HSV Vision Model and Shape Features. *Journal of Computers, Volume 8* (Nomor 5), 1366-1370.

Pamungkas Adi. Ekstraksi Ciri Citra. Diakses dari <https://pemrogramanmatlab.com/pengolahan-citra-digital/ekstraksi-ciri-citra-digital/>

