

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Metodologi Penelitian	3
1.7. Sistematika Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III LANDASAN TEORI.....	9
3.1. <i>Lane Departure Warning System (LDWS)</i>	9
3.2. <i>Computer Vision</i>	9
3.2.1. Citra Digital.....	9
3.2.2. Transformasi Ruang Warna	10
3.2.3. Histogram Warna	11
3.2.4. <i>Euclidean Distance</i>	11
3.2.5. <i>Warp Perspective Mapping (WPM)</i>	12
3.2.6. Pendeteksi Tepi Canny.....	12
3.2.7. <i>Hough Transform (HT)</i>	13
3.3. <i>Least Square</i>	14
3.4. <i>Random Sample Consensus (RANSAC)</i>	15
3.5. <i>Cubic Spline</i>	16
BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....	19
4.1. Analisis Sistem.....	19
4.2. Alat dan Bahan	19
4.3. Rancangan Sistem	20
4.3.1. Inisialisasi ROI.....	21
4.3.2. Proses Inti LDWS	22
4.4. Rancangan Pengujian	31
BAB V IMPLEMENTASI SISTEM.....	33
5.1. Pengambilan Data.....	33
5.2. Implementasi Sistem Secara Umum.....	33
5.3. Implementasi <i>Cubic Spline</i>	34
5.4. Implementasi LDWS	38

BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	48
6.1. Deteksi <i>Lane Departure</i> dengan WPM	48
6.2. Ekstraksi Fitur dengan Pendeteksi Tepi Canny	50
6.3. Hasil Pengujian.....	51
6.3.1. Pengujian terhadap Tingkat Kecerahan	53
6.3.2. Pengujian terhadap Kondisi Jalan Raya	58
6.3.3. Pengujian terhadap Objek	63
6.3.4. Pengujian Waktu Pemrosesan Perangkat Keras.....	67
6.4. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya.....	68
BAB VII PENUTUP	79
DAFTAR PUSTAKA	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Representasi citra sebagai matriks (Gonzalez dan Woods, 2007)	10
Gambar 3.2 Transformasi ruang warna RGB ke grayscale.....	10
Gambar 3.3 Matriks citra dan histogramnya.....	11
Gambar 3.4 Citra masukan dan citra hasil WPM (Shin dkk. 2015).....	12
Gambar 3.5 Citra masukan grayscale dan citra keluaran hasil deteksi tepi Canny	13
Gambar 3.6 Representasi garis.....	14
Gambar 3.7 Citra input, ruang Hough transform-nya, dan hasil deteksinya.....	14
Gambar 3.8 Pemodelan dengan least square.....	15
Gambar 3.9 (a) Pemodelan menggunakan least square. (b) Pemodelan menggunakan RANSAC. (Hartley dan Zisserman, 2004)	16
Gambar 3.10 Cubic spline dari lima titik	18
Gambar 4.1 Diagram alir sistem	21
Gambar 4.2 Diagram alir inialisasi ROI.....	22
Gambar 4.3 Diagram alir proses inti LDWS.....	23
Gambar 4.4 Diagram alir preprocessing	24
Gambar 4.5 Diagram alir ekstraksi fitur	26
Gambar 4.6 (a)Citra RGB, (b) citra <i>grayscale</i> , dan (c) citra dengan persamaan 4.5	27
Gambar 4.7 Diagram alir pemodelan	28
Gambar 4.8 Pseudocode pemodelan dengan RANSAC dan spline (Aly, 2008) ..	28
Gambar 4.9 Pembagian wilayah untuk titik-titik kontrol.....	29
Gambar 4.10 Diagram alir deteksi lane departure	30
Gambar 5.1 Rancangan instalasi kamera	33
Gambar 5.2 Source code proses inti sistem	34
Gambar 5.3 Source code cubic spline	35
Gambar 5.4 Source code inialisasi titik-titik kontrol	36
Gambar 5.5 Source code proses inti pemodelan cubic spline.....	36
Gambar 5.6 Source code untuk menaruh model di matriks citra.....	37
Gambar 5.7 Source code untuk ekstrapolasi	37
Gambar 5.8 (a) Cubic spline tanpa ekstrapolasi, dan (b) cubic spline dengan ekstrapolasi.....	38
Gambar 5.9 Source code LDWS	38
Gambar 5.10 Source code baca frame dari video	39
Gambar 5.11 Source code inialisasi ROI	40
Gambar 5.12 Hasil inialisasi ROI.....	40
Gambar 5.13 Source code proses inti LDWS	41
Gambar 5.14 Source code preprocessing	42
Gambar 5.15 (a) Citra masukan, dan (b) citra hasil WPM.....	42
Gambar 5.16 Source code ekstraksi fitur	43
Gambar 5.17 Hasil ekstraksi fitur dan bagian citra yang dihapus	44
Gambar 5.18 Hasil ekstraksi fitur. Tanpa WPM (a,b). WPM (c,d). Pendeteksi tepi Canny (a,c), dengan histogram (b,d).....	44
Gambar 5.19 Source code pemodelan.....	45
Gambar 5.20 Source code RANSAC dan cubic spline	45

Gambar 5.21 Hasil pemodelan dari Gambar 5.18(d)	45
Gambar 5.22 Hasil deteksi lane departure kiri (a), lane departure kanan (b), dan keadaan aman (c).....	46
Gambar 5.23 Source code deteksi lane departure	47
Gambar 6.1 (a) Citra WPM, (b) Citra WPM yang dinormalkan, dan (c) Citra dengan hasil pemodelan WPM yang sudah dinormalkan.	48
Gambar 6.2 Hasil deteksi lane departure dengan $t1 = 0.4$ dan $t2 = 2.5$	49
Gambar 6.3 Hasil deteksi lane departure dengan $t1 = 0.4$ dan $t2 = 2.5$	49
Gambar 6.4 Hasil deteksi lane departure dengan $t1 = 0.5$ dan $t2 = 2.0$	50
Gambar 6.5 (a) Citra WPM masukan, (b) hasil ekstraksi fitur tepi canny dengan sigma 1.4, dan (c) dengan sigma 1.1	50
Gambar 6.6 Hasil deteksi marka jalan yang benar (a,b,c), dan salah (d,e)	52
Gambar 6.7 Salah satu <i>frame</i> pada (a) bayangan_1, dan (b) bayangan_2	53
Gambar 6.8 (a) Hasil deteksi marka jalan di dalam terowongan, dan hasil ekstraksi fitur dengan (b) histogram dan (c) pendeteksi tepi Canny	54
Gambar 6.9 (a) Hasil citra WPM akibat guncangan, (b) hasil ekstraksi fitur dengan histogram, dan (c) hasil pemodelan marka jalan yang salah	55
Gambar 6.10 (a) Hasil ekstraksi fitur dari Gambar 6.9(a) dengan pendeteksi tepi Canny, dan (b) hasil pemodelan yang benar	55
Gambar 6.11 (a) Hasil deteksi marka jalan pada citra WPM, dan (b) Hasil deteksi <i>lane departure</i> yang benar pada Jakarta_1	56
Gambar 6.12 (a) Hasil citra WPM, (b) hasil ekstraksi fitur dengan pendeteksi tepi Canny, dan (c) hasil akhir deteksi marka jalan dan <i>departure</i> yang salah.....	56
Gambar 6.13 (a) Ekstraksi fitur dengan histogram dari Gambar 6.14(a), (b) hasil pemodelan, dan (c) hasil deteksi departure yang benar pada Bayangan_1	57
Gambar 6.14 Perbandingan departure ratio dari metode WPM-histogram dan WPM-Canny pada Jakarta_1	57
Gambar 6.15 Perbandingan departure ratio dari metode WPM-histogram dan WPM-Canny pada Bayangan_1	58
Gambar 6.16 Kondisi jalan pada (a) Jakarta_1, dan (b) bayangan_2	59
Gambar 6.17 (a) Citra WPM yang terdapat retakan pada jalan, dan hasil ekstraksi fitur dengan (b) histogram dan (c) pendeteksi tepi Canny	60
Gambar 6.18 (a) Hasil deteksi marka jalan pada citra WPM, dan (b) Hasil deteksi lane departure yang benar pada Jakarta_2	60
Gambar 6.19 (a) Citra WPM dan hasil pemodelan pada marka jalan yang terhapus, (b) hasil ekstraksi fitur dengan histogram, dan (c) deteksi lane departure masih dianggap benar	61
Gambar 6.20 (a) Citra WPM dan hasil pemodelan pada marka jalan yang terhapus, (b) hasil ekstraksi fitur dengan Canny, dan (c) deteksi lane departure dikategorikan salah.....	61
Gambar 6.21 Hasil deteksi marka jalan pada citra WPM, dan (b) Hasil deteksi lane departure yang benar pada Jalan_1	62
Gambar 6.22 Perbandingan departure ratio dari metode WPM-histogram dan WPM-Canny pada Jakarta_2.....	62
Gambar 6.23 Perbandingan departure ratio dari metode WPM-histogram dan WPM-Canny pada Jalan_1	63

Gambar 6.24 Objek penghalang pada (a) Jakarta_3, dan (b) Objek_1	63
Gambar 6.25 (a) Citra masukan terdapat objek mobil, (b) citra WPM, dan hasil ekstraksi fitur dengan (c) histogram dan (d) pendeteksi tepi Canny.....	64
Gambar 6.26 Hasil deteksi marka jalan pada citra WPM, dan (b) Hasil deteksi lane departure yang benar pada Jakarta_3	65
Gambar 6.27 (a) Citra masukan terdapat marka lambang, (b) citra WPM, dan hasil ekstraksi fitur dengan (c) histogram dan (d) pendeteksi tepi Canny.....	66
Gambar 6.28 Hasil deteksi marka jalan pada citra WPM, dan (b) Hasil deteksi lane departure yang benar pada Objek_1	66
Gambar 6.29 Perbandingan departure ratio dari metode WPM-histogram dan WPM-Canny pada Jakarta_3.....	67
Gambar 6.30 Perbandingan departure ratio dari metode WPM-histogram dan WPM-Canny pada Objek_1	67
Gambar 6.31 (a) Citra WPM yang terdapat retakan jalan dan mobil, (b) hasil ekstraksi fitur dengan histogram, dan (c) hasil deteksi lane departure dikategorikan benar.....	70
Gambar 6.32 (a) Citra WPM yang terdapat retakan jalan dan mobil, (b) hasil ekstraksi fitur dengan Canny dan (c) hasil deteksi lane departure yang dikategorikan salah.....	71
Gambar 6.33 (a) Citra WPM yang terdapat marka jalan yang terhapus, (b) hasil ekstraksi fitur dengan Canny dan (c) hasil deteksi lane departure yang dikategorikan benar.....	72
Gambar 6.34 (a) Citra WPM yang terdapat objek mobil, (b) hasil ekstraksi fitur dengan Canny dan (c) hasil deteksi lane departure yang dikategorikan salah.....	73
Gambar 6.35 (a) Citra WPM yang terdapat objek mobil, (b) hasil ekstraksi fitur dengan pendeteksi tepi Canny dan (c) hasil deteksi lane departure yang dikategorikan salah.....	74
Gambar 6.36 (a) Citra masukan yang terdapat marka lambang dan mobil, (b) Citra WPM, (c) hasil ekstraksi fitur dengan histogram, dan (d) hasil deteksi lane departure yang dikategorikan benar	75
Gambar 6.37 (a) Citra WPM yang terdapat marka lambang dan mobil, (b) hasil ekstraksi fitur dengan pendeteksi tepi Canny, dan (c) hasil deteksi lane departure yang dikategorikan benar	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Matriks penelitian	7
Tabel 4.1 Komputer dan spesifikasinya	20
Tabel 4.2 Parameter Pengujian	32
Tabel 6.1 Nama video dan kondisi-kondisinya.....	51
Tabel 6.2 Hasil pengujian terhadap bayangan	54
Tabel 6.3 Hasil pengujian terhadap kondisi jalan	59
Tabel 6.4 Hasil pengujian terhadap objek.....	64
Tabel 6.5 RWP dan FPS pada Odroid XU4.....	68
Tabel 6.6 Perbandingan terhadap tingkat kecerahan.....	69
Tabel 6.7 Perbandingan terhadap kondisi jalan	69
Tabel 6.8 Perbandingan terhadap objek	72