

## PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan ridha, rahmat, hidayah, dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini dengan baik. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW.

Disertasi dengan judul “***Modified Maximally Stable Extremal Region – Dominant Vertical Sobel (MMSER–DVS) untuk Deteksi Plat Nomor Kendaraan dan Logo Pabrikan pada Sistem Identifikasi Kendaraan Roda Empat di Jalan Raya***” merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Doktorat di Program Studi S3 Ilmu Komputer, Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa selama proses penelitian dan penyusunan disertasi ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua, Dra. Tuliek Surtiati dan Almarhum Ir. Budihardjo, yang telah mendidik dan memberi penulis motivasi untuk terus semangat dalam meraih impian.
2. Istri tercinta, Khusnul Fadhilah, yang selalu memberi dukungan dan kasih sayang selama proses menyelesaikan penelitian dan penulisan disertasi ini.
3. Bapak Drs. Agus Harjoko, M.Sc., Ph.D. selaku Promotor yang berkenan mendidik, meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, serta memberi motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian dan penulisan disertasi ini.
4. Ibu Prof. Dra. Sri Hartati, M.Sc., Ph.D. selaku Ko-Promotor yang berkenan memberikan saran dan bimbingan terkait penelitian ini serta memberi semangat untuk menyelesaikan penelitian dan disertasi ini.
5. Prof. Dr. Triyono, S.U. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada.

6. Kepala Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika serta Ketua Program Studi S3 Ilmu Komputer FMIPA UGM, atas bantuan serta fasilitas yang diberikan.
7. Anggota keluarga Budihardjo dan Ishafit, kedua kakak kandung, ayah dan ibu mertua, mas mbak dan adik ipar, beserta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dan motivasi bagi penulis selama proses penelitian dan penulisan disertasi.
8. Bapak dan Ibu Dosen dan Staff Administrasi Program Studi S3 Ilmu Komputer yang banyak memberikan banyak bantuan kepada penulis selama proses studi dan penyelesaian disertasi.
9. Bapak dan Ibu rekan mahasiswa S3 Ilmu Komputer yang berkenan menjadi teman berdiskusi, berbagi pengalaman, serta bersuka ria dalam melewati masa studi S3 ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak mendukung penulis hingga terselesaikannya disertasi ini.

Semoga Allah selalu memberikan rahmat serta kemudahan kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian disertasi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian disertasi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis terbuka terhadap saran dan kritik untuk perbaikan kedepannya. Harapan penulis semoga disertasi ini dapat memberi manfaat bagi pembacannya.

Yogyakarta, 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
INTISARI.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Kontribusi Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	9
BAB III LANDASAN TEORI.....	20
3.1 Tanda Nomor Kendaraan Bermotor .....	20
3.2 Pabrikan Kendaraan .....	21
3.3 Ekstraksi Ciri .....	23
3.4 Maximally Stable Extremal Regions.....	24
3.5 Deteksi Tepi .....	25
3.6 <i>Closing</i> .....	29
3.7 <i>Connected Component Extraction</i> .....	30
3.8 Histogram of Oriented Gradient (HOG) .....	31
3.9 Support Vector Machine (SVM) .....	34
3.9.1 Kernel SVM .....	36
BAB IV METODE PENELITIAN .....	38
4.1 Garis Besar Tahapan Penelitian .....	38
4.2 Sistem Identifikasi Plat Nomor .....	39
4.2.1 Deteksi Plat .....	39
4.2.2 Segmentasi Karakter .....	49
4.2.3 Pengenalan Karakter .....	50
4.3 Sistem Identifikasi Pabrikan.....	50
4.3.1 Deteksi Logo Pabrikan.....	50
4.3.2 Klasifikasi Pabrikan Kendaraan.....	52

4.4	Data Penelitian .....	52
4.4.1	Data Primer .....	53
4.4.2	Data Sekunder .....	55
4.5	Evaluasi Metode .....	56
<b>BAB V</b>	<b>IDENTIFIKASI PLAT NOMOR .....</b>	<b>58</b>
5.1	Evaluasi Deteksi Plat .....	58
5.1.1	Evaluasi Tahap Ekstraksi Kandidat .....	58
5.1.2	Evaluasi Tahap Perbaikan <i>Bounding Box</i> .....	76
5.1.3	Evaluasi Tahap Seleksi Kandidat .....	97
5.1.4	Evaluasi Keseluruhan pada Tahap Deteksi Plat .....	108
5.1.5	Perbandingan dengan Metode Lain .....	109
5.2	Evaluasi Segmentasi Karakter .....	128
5.3	Evaluasi Pengenalan Karakter .....	131
<b>BAB VI</b>	<b>IDENTIFIKASI PABRIKAN KENDARAAN .....</b>	<b>137</b>
6.1	Evaluasi Deteksi Logo .....	137
6.1.1	Evaluasi Tahap Ekstraksi Kandidat .....	137
6.1.2	Evaluasi Tahap Perbaikan <i>Bounding Box</i> .....	152
6.1.3	Evaluasi Tahap Seleksi Kandidat .....	172
6.1.4	Evaluasi Keseluruhan pada Tahap Deteksi Logo .....	181
6.1.5	Perbandingan dengan Metode Lain .....	183
6.2	Evaluasi Pengenalan Logo Pabrikan .....	191
<b>BAB VII</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>194</b>
7.1	Kesimpulan .....	194
7.2	Saran .....	197
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>198</b>
	<b>LAMPIRAN A .....</b>	<b>202</b>
	<b>LAMPIRAN B .....</b>	<b>221</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Contoh plat nomor kendaraan sesuai aturan Kapolri No: ST/810/IV/2011 .....	20
Gambar 3.2 Salah satu contoh fitur geometri yang diekstrak dari huruf “th” (Kumar dan Bhatia, 2014).....	23
Gambar 3.3 Ilustrasi langkah-langkah ekstraksi MSER (Gonzalez dan Woods, 2018) .....	25
Gambar 3.4 <i>Mask</i> konvolusi beberapa operator deteksi tepi, (a) operator Robert (b) operator Sobel (c) operator Prewitt .....	27
Gambar 3.5 <i>Mask</i> konvolusi operator Laplace .....	29
Gambar 3.6 Ilustrasi operasi dilasi (a) dan operasi erosi (b) (Gonzalez dan Woods, 2002) .....	29
Gambar 3.7 Ilustrasi implementasi operasi <i>closing</i> , (a) blob input (b) proses dilasi (c) proses erosi (Gonzalez dan Woods, 2002) .....	30
Gambar 3.8 Konektivitas 4-ketetanggaan (a) 8-ketetanggaan (b) .....	31
Gambar 3.9 Ilustrasi metode connected component extraction pada citra biner (Gonzalez dan Woods, 2002).....	31
Gambar 3.10 Ilustrasi pencarian nilai gradien citra (Shapiro dan Stockman, 2001) .....	32
Gambar 3.11 Ilustrasi pengelompokan nilai gradient ke dalam 9 <i>bin</i> berdasarkan arah gradient.....	33
Gambar 3.12 Ilustrasi hubungan <i>cell</i> dengan <i>block</i> pada normalisasi ciri HOG (Bratanić dkk., 2014).....	34
Gambar 3.13 Proses pencarian hyperplane terbaik dalam SVM (Nugroho dkk., 2003) .....	35
Gambar 3.14 Ilustrasi penggunaan dimensi yang lebih tinggi untuk memisahkan data pada kasus non-linear (Schölkopf dan Smola, 2018) .....	37
Gambar 4.1 Alur penelitian identifikasi kendaraan roda empat berdasarkan plat nomor dan pabrikan.....	38
Gambar 4.2 Alur tahapan deteksi plat nomor kendaraan .....	39
Gambar 4.3 Tahapan preprosesing, (a) citra input (b) citra <i>grayscale</i> (c) citra hasil CLAHE .....	40
Gambar 4.4 Perbandingan hasil ekstraksi MSER dengan <i>Modified</i> MSER, (a) blob MSER (b) blob <i>Modified</i> MSER (c) pemilihan kandidat berdasarkan MSER (d) pemilihan kandidat berdasarkan <i>Modified</i> MSER .....	41
Gambar 4.5 Ekstraksi MSER pada citra input, (a) blob MSER berhasil deteksi seluruh karakter pada plat (b) blob MSER gagal deteksi seluruh karakter pada plat .....	42

Gambar 4.6 Perbandingan ekstraksi ciri tepi vertikal, (a) citra input (b) ekstraksi tepi vertikal (c) ekstraksi tepi vertikal dominan.....	44
Gambar 4.7 Langkah-langkah ekstraksi ciri MMSE-DVS pada tahapan ekstraksi kandidat, (a) citra input (b) blob <i>Modified</i> MSER (c) blob <i>Dominant Vertical Sobel</i> (d) blob MMSE-DVS (e) operasi closing dari blob MMSE-DVS (f) kandidat terpilih .....	45
Gambar 4.8 Tahapan perbaikan <i>bounding box</i> , (a) citra input (b) blob hasil MMSE-DVS (c) penetapan area terpilih pada histogram kumulatif piksel pada sumbu vertikal (d) penetapan area terpilih pada histogram kumulatif piksel pada sumbu horizontal (e) citra hasil perbaikan <i>bounding box</i> .....	47
Gambar 4.9 Ilustrasi perbedaan penentuan <i>cell</i> HOG; (a) <i>cell</i> HOG ukuran tetap (Dalal dan Triggs, 2005) (b) <i>cell</i> HOG jumlah tetap, ukuran berbeda .....	48
Gambar 4.10 Tahapan segmentasi karakter, (a) citra biner plat (b) hasil deteksi kontur dengan metode <i>connected component</i> .....	49
Gambar 4.11 Ilustrasi penentuan ROI pencarian logo .....	51
Gambar 4.12 Alur tahapan deteksi logo pabrikan.....	51
Gambar 4.13 Logo pabrikan yang diklasifikasi; (a) logo pabrikan utama (b) logo mobil LCGC yang berbeda dengan logo pabrikan utama.....	52
Gambar 4.14 Ilustrasi pengambilan citra data primer.....	53
Gambar 4.15 Beberapa citra primer yang digunakan.....	53
Gambar 4.16 Tampilan aplikasi <i>labelme</i> untuk pembuatan groundtruth pada data primer.....	54
Gambar 4.17 Ilustrasi perhitungan nilai IoU.....	57
Gambar 5.1 Grafik persentase kegagalan plat yang terekstraksi pada variasi parameter $\Delta$ , $\tau$ dan $\lambda$ terbaik di rentang nilai $B$ .....	59
Gambar 5.2 Ilustrasi jarak terjauh antar karakter pada plat nomor.....	60
Gambar 5.3 Ilustrasi pengaruh nilai $B$ pada saat proses <i>closing</i> (gagal saat nilai $B$ terlalu kecil) .....	61
Gambar 5.4 Ilustrasi pengaruh nilai $B$ pada saat proses <i>closing</i> (gagal saat nilai $B$ terlalu besar).....	62
Gambar 5.5 Grafik jumlah total kandidat terekstraksi pada variasi nilai $B$ .....	63
Gambar 5.6 Grafik persentase kegagalan plat yang terekstraksi pada variasi parameter $\tau$ dan $\lambda$ terbaik di rentang nilai $\Delta$ ( $B = 22.5\%$ ).....	63
Gambar 5.7 Ilustrasi pengaruh nilai $\Delta$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\Delta$ terlalu kecil) .....	64
Gambar 5.8 Ilustrasi pengaruh nilai $\Delta$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\Delta$ terlalu besar) .....	65
Gambar 5.9 Grafik jumlah total kandidat terekstraksi pada variasi parameter $\tau$ dan $\lambda$ terbaik di rentang nilai $\Delta$ ( $B = 22.5\%$ ) .....	66

Gambar 5.10 Grafik persentase kegagalan plat yang terekstraksi pada variasi parameter $\lambda$ ( $\Delta = 6$ ; $B = 22.5\%$ ).....	67
Gambar 5.11 Ilustrasi pengaruh nilai $\lambda$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\lambda$ terlalu kecil).....	68
Gambar 5.12 Ilustrasi pengaruh nilai $\lambda$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\lambda$ terlalu besar) .....	69
Gambar 5.13 Grafik jumlah total kandidat terekstraksi pada variasi parameter $\lambda$ ( $\Delta = 6$ ; $B = 22.5\%$ ).....	70
Gambar 5.14 Grafik persentase kegagalan plat yang terekstraksi pada variasi parameter $\tau$ ( $\lambda = 80\%$ ; $\Delta = 6$ ; $B = 22.5\%$ ).....	71
Gambar 5.15 Ilustrasi pengaruh nilai $\tau$ pada saat pembentukan kandidat.....	72
Gambar 5.16 Grafik jumlah total kandidat terekstraksi pada variasi parameter $\tau$ ( $\lambda = 80\%$ ; $\Delta = 6$ ; $B = 22.5\%$ ).....	73
Gambar 5.17 Ilustrasi hasil ekstraksi kandidat, semua kandidat positif berhasil didapatkan .....	74
Gambar 5.18 Ilustrasi hasil ekstraksi kandidat yang gagal mendapatkan kandidat positif .....	75
Gambar 5.19 Ilustrasi perhitungan nilai IoU untuk analisis garis.....	77
Gambar 5.20 Grafik perbandingan persentase kegagalan perbaikan <i>bounding box</i> sumbu vertikal pada variasi nilai $\partial$ .....	78
Gambar 5.21 Ilustrasi pengaruh nilai $\partial$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\partial$ terlalu kecil) .....	79
Gambar 5.22 Ilustrasi pengaruh nilai $\partial$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\partial$ terlalu besar) .....	80
Gambar 5.23 Grafik perbandingan persentase kegagalan perbaikan <i>bounding box</i> sumbu vertikal pada variasi parameter $\sigma$ ( $\partial = 95\%$ ).....	81
Gambar 5.24 Ilustrasi pengaruh nilai $\sigma$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\sigma$ terlalu besar).....	82
Gambar 5.25 Ilustrasi pengaruh nilai $\sigma$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\sigma$ terlalu kecil).....	84
Gambar 5.26 Hasil perbaikan Hasil perbaikan <i>bounding box</i> kandidat sumbu vertikal yang berhasil (IoU garis $> 0,5$ ) .....	85
Gambar 5.27 Hasil perbaikan <i>bounding box</i> kandidat sumbu vertikal yang gagal (IoU garis $\geq 0,5$ ).....	86
Gambar 5.28 Ilustrasi perhitungan nilai IoU total pada hasil perbaikan <i>bounding box</i> plat.....	87
Gambar 5.29 Grafik perbandingan persentase kegagalan perbaikan <i>bounding box</i> sumbu horizontal pada variasi nilai $\partial$ .....	88

Gambar 5.30 Ilustrasi pengaruh nilai $\partial$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\partial$ terlalu kecil) .....	89
Gambar 5.31 Ilustrasi pengaruh nilai $\partial$ pada saat pembentukan kandidat .....	90
Gambar 5.32 Grafik jumlah plat yang gagal diperbaiki pada sumbu vertikal pada variasi parameter $\sigma$ ( $\partial = 70\%$ ) .....	92
Gambar 5.33 Ilustrasi pengaruh nilai $\sigma$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\sigma$ terlalu kecil) .....	93
Gambar 5.34 Ilustrasi pengaruh nilai $\sigma$ pada saat pembentukan kandidat .....	94
Gambar 5.35 Hasil perbaikan Hasil perbaikan <i>bounding box</i> kandidat yang berhasil ( $\text{IoU} > 0,5$ ) .....	95
Gambar 5.36 Hasil perbaikan Hasil perbaikan <i>bounding box</i> kandidat yang gagal ( $\text{IoU} \leq 0,5$ ) .....	96
Gambar 5.37 Perbandingan tahap ekstraksi kandidat dengan ciri: (a) <i>Vertical Sobel</i> (b) MSER .....	111
Gambar 5.38 Perbandingan tahap ekstraksi kandidat dengan ciri: (a) <i>Modified MSER</i> (b) <i>MMSER-DVS</i> .....	112
Gambar 5.39 Perbandingan performa perangkat yang digunakan pada penelitian Li dkk. (2018a) dan perangkat yang digunakan pada penelitian ini (NVIDIA, 2019) .....	118
Gambar 5.40 Beberapa deteksi plat yang berhasil pada dataset AOLP .....	120
Gambar 5.41 Deteksi plat yang gagal pada dataset AOLP (bagian 1) .....	121
Gambar 5.42 Deteksi plat yang gagal pada dataset AOLP (bagian 2) .....	122
Gambar 5.43 Deteksi plat yang gagal pada dataset AOLP (bagian 3) .....	123
Gambar 5.45 Beberapa deteksi plat yang berhasil pada dataset PKU .....	126
Gambar 5.46 Deteksi plat yang gagal pada dataset PKU (bagian 1) .....	127
Gambar 5.47 Deteksi plat yang gagal pada dataset PKU (bagian 2) .....	128
Gambar 5.48 Hasil segmentasi karakter yang berhasil dengan hanya menggunakan metode pencarian blob berdasarkan <i>connected component</i> .....	129
Gambar 5.49 Hasil segmentasi karakter yang gagal jika hanya menggunakan metode pencarian blob berdasarkan <i>connected component</i> .....	129
Gambar 5.50 Hasil segmentasi karakter dengan memisahkan blob menggunakan metode <i>connected component</i> dan operasi morfologi opening. ....	130
Gambar 5.51 Hasil segmentasi karakter yang gagal walaupun operasi morfologi opening ditambahkan setelah metode <i>connected component</i> .....	131
Gambar 6.1 Grafik persentase kegagalan logo yang terekstraksi di rentang nilai $B$ .....	138
Gambar 6.2 Ilustrasi pengaruh nilai $B$ pada saat proses <i>closing</i> .....	139
Gambar 6.3 Grafik jumlah total kandidat terekstraksi di rentang nilai $B$ .....	140
Gambar 6.4 Grafik persentase kegagalan logo yang terekstraksi di rentang nilai $\Delta$ ( $B = 7\%$ ) .....	141



Gambar 6.5 Ilustrasi pengaruh nilai $\Delta$ pada saat pembentukan kandidat .....	142
Gambar 6.6 Grafik jumlah total kandidat terekstraksi di rentang nilai $\Delta$ .....	143
Gambar 6.7 Grafik persentase kegagalan logo yang terekstraksi pada variasi parameter $\lambda$ ( $\Delta = 1$ ; $B = 7\%$ ) .....	143
Gambar 6.8 Ilustrasi pengaruh nilai $\lambda$ pada saat pembentukan kandidat.....	144
Gambar 6.9 Ilustrasi pengaruh nilai $\lambda$ pada saat pembentukan kandidat.....	145
Gambar 6.10 Grafik jumlah total kandidat terekstraksi pada variasi parameter $\lambda$ ( $\Delta = 1$ ; $B = 7\%$ ) .....	146
Gambar 6.11 Grafik persentase kegagalan ekstraksi logo pada variasi parameter $\tau$ ( $\lambda = 55\%$ ; $\Delta = 1$ ; $B = 7\%$ ) .....	146
Gambar 6.12 Ilustrasi pengaruh nilai $\tau$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\tau$ terlalu kecil) .....	147
Gambar 6.13 Ilustrasi pengaruh nilai $\tau$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\tau$ terlalu besar) .....	148
Gambar 6.14 Grafik jumlah total kandidat terekstraksi pada parameter $\tau$ .....	149
Gambar 6.15 Ilustrasi hasil ekstraksi kandidat, semua kandidat positif.....	150
Gambar 6.16 Ilustrasi hasil ekstraksi kandidat yang gagal mendapatkan kandidat positif .....	151
Gambar 6.17 Grafik perbandingan persentase kegagalan perbaikan <i>bounding box</i> sumbu vertikal pada variasi nilai $\partial$ .....	153
Gambar 6.18 Ilustrasi pengaruh nilai $\partial$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\partial$ terlalu kecil) .....	155
Gambar 6.19 Ilustrasi pengaruh nilai $\partial$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\partial$ terlalu besar) .....	156
Gambar 6.20 Grafik perbandingan persentase kegagalan perbaikan <i>bounding box</i> sumbu vertikal pada variasi parameter $\sigma$ ( $\partial = 45\%$ ) .....	157
Gambar 6.21 Ilustrasi pengaruh nilai $\sigma$ pada saat pembentukan kandidat .....	158
Gambar 6.22 Ilustrasi pengaruh nilai $\sigma$ pada saat pembentukan kandidat .....	159
Gambar 6.23 Hasil perbaikan <i>bounding box</i> kandidat sumbu vertikal yang berhasil (IoU garis $> 0,5$ ) .....	160
Gambar 6.24 Hasil perbaikan <i>bounding box</i> kandidat sumbu vertikal yang gagal (IoU garis $\leq 0,5$ ).....	161
Gambar 6.25 Ilustrasi perhitungan IoU total pada hasil perbaikan <i>bounding box</i> logo.....	162
Gambar 6.26 Grafik perbandingan persentase kegagalan perbaikan <i>bounding box</i> sumbu horizontal pada variasi nilai $\partial$ .....	163
Gambar 6.27 Ilustrasi pengaruh nilai $\partial$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\partial$ terlalu kecil) .....	164

Gambar 6.28 Ilustrasi pengaruh nilai $\partial$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\partial$ terlalu besar) .....	165
Gambar 6.29 Grafik jumlah logo yang gagal diperbaiki pada sumbu horizontal pada variasi parameter $\sigma$ ( $\partial=60\%$ ) .....	167
Gambar 6.30 Ilustrasi pengaruh nilai $\sigma$ pada saat pembentukan kandidat .....	168
Gambar 6.31 Ilustrasi pengaruh nilai $\sigma$ pada saat pembentukan kandidat (gagal saat nilai $\sigma$ terlalu besar) .....	169
Gambar 6.32 Hasil perbaikan <i>boundingbox</i> kandidat yang berhasil ( $IoU>0,5$ ) .	171
Gambar 6.33 Hasil perbaikan <i>boundingbox</i> kandidat yang gagal ( $IoU \leq 0,5$ ) ...	171
Gambar 6.34 Perbandingan tahap ekstraksi kandidat logo dengan ciri: .....	185
Gambar 6.35 Perbandingan tahap ekstraksi kandidat logo dengan ciri: .....	186

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rangkuman Penelitian Deteksi Plat Nomor.....	16
Tabel 2.2 Rangkuman Penelitian Identifikasi Pabrikan Kendaraan.....	18
Tabel 3.1 Data Penjualan Kendaraan Roda Empat Berdasarkan Pabrikan tahun 2015-2019 .....	22
Tabel 4.1 Informasi citra data primer.....	54
Tabel 4.2 Informasi citra data sekunder .....	55
Tabel 4.3 Informasi sudut <i>pan</i> dan sudut <i>tilt</i> pada data sekunder.....	56
Tabel 4.4 <i>confusion matrix</i> .....	57
Tabel 5.1 Rangkuman nilai parameter terbaik pada tahap ekstraksi kandidat plat 73	
Tabel 5.2 Sebaran kandidat positif yang gagal diperbaiki pada tiap subset.....	95
Tabel 5.3 Hasil training ciri HOG 64 <i>cell</i> dengan SVM untuk subset 1.....	98
Tabel 5.4 Hasil training ciri HOG 64 <i>cell</i> dengan SVM untuk subset 2.....	99
Tabel 5.5 Hasil training ciri HOG 64 <i>cell</i> dengan SVM untuk subset 3.....	100
Tabel 5.6 Hasil training ciri HOG 64 <i>cell</i> dengan SVM untuk subset 4.....	101
Tabel 5.7 Hasil pengujian seleksi kandidat dengan ciri HOG 64 <i>cell</i> .....	102
Tabel 5.8 Hasil training ciri HOG 16 <i>cell</i> blok 2×2 untuk subset 1.....	103
Tabel 5.9 Hasil training ciri HOG 16 <i>cell</i> blok 2×2 untuk subset 2.....	104
Tabel 5.10 Hasil training ciri HOG 16 <i>cell</i> blok 2×2 untuk subset 3.....	105
Tabel 5.11 Hasil training ciri HOG 16 <i>cell</i> blok 2×2 untuk subset 4.....	106
Tabel 5.12 Hasil pengujian seleksi kandidat dengan HOG 16 <i>cell</i> blok 2×2 .....	107
Tabel 5.13 Rangkuman hasil <i>F-measure</i> terbaik pada tahap seleksi kandidat ...	108
Tabel 5.14 Rangkuman kegagalan pada subproses ekstraksi kandidat dan perbaikan <i>bounding box</i> .....	108
Tabel 5.15 Rangkuman kegagalan pada subproses ekstraksi kandidat dan perbaikan <i>bounding box</i> .....	109
Tabel 5.16 Rangkuman hasil evaluasi keseluruhan tahap deteksi plat .....	109
Tabel 5.17 Perbandingan hasil ekstraksi kandidat pada beberapa metode .....	110
Tabel 5.18 Perbandingan nilai presisi hasil deteksi plat keseluruhan .....	114
Tabel 5.19 Perbandingan nilai recall hasil deteksi plat keseluruhan .....	115
Tabel 5.20 Perbandingan nilai <i>F-measure</i> hasil deteksi plat keseluruhan .....	115
Tabel 5.21 Perbandingan waktu komputasi tahap deteksi plat keseluruhan .....	116
Tabel 5.22 Rangkuman perbandingan uji performa beberapa metode pada tahap deteksi plat .....	117
Tabel 5.23 Performa beberapa metode deteksi plat pada dataset AOLP .....	119
Tabel 5.24 Performa beberapa metode deteksi plat pada dataset PKU.....	124
Tabel 5.25 Hasil akurasi pengenalan karakter dengan variasi ciri HOG .....	132
Tabel 5.26 <i>Confusion matrix</i> pengenalan karakter untuk pengujian di subset 1	133

Tabel 5.27 <i>Confusion matrix</i> pengenalan karakter untuk pengujian di subset 2	134
Tabel 5.28 <i>Confusion matrix</i> pengenalan karakter untuk pengujian di subset 3	135
Tabel 5.29 <i>Confusion matrix</i> pengenalan karakter untuk pengujian di subset 4	136
Tabel 6.1 Rangkuman nilai parameter terbaik pada tahap ekstraksi kandidat logo	149
Tabel 6.2 Rangkuman perbedaan implementasi MSMER-DVS pada ekstraksi kandidat plat dengan implementasi MSMER-DVS pada ekstraksi kandidat logo	152
Tabel 6.3 Sebaran kandidat positif yang gagal diperbaiki pada tiap subset.....	170
Tabel 6.4 Hasil training ciri HOG 64 <i>cell</i> dengan SVM untuk subset 1.....	173
Tabel 6.5 Hasil training ciri HOG 64 <i>cell</i> dengan SVM untuk subset 2.....	174
Tabel 6.6 Hasil training ciri HOG 64 <i>cell</i> dengan SVM untuk subset 3.....	175
Tabel 6.7 Hasil training ciri HOG 64 <i>cell</i> dengan SVM untuk subset 4.....	176
Tabel 6.8 Hasil pengujian seleksi kandidat dengan ciri HOG 64 <i>cell</i> .....	177
Tabel 6.9 Hasil training HOG 16 <i>cell</i> dengan blok 2×2 untuk subset 1 .....	177
Tabel 6.10 Hasil training HOG 16 <i>cell</i> dengan blok 2×2 untuk subset 2 .....	178
Tabel 6.11 Hasil training HOG 16 <i>cell</i> dengan blok 2×2 untuk subset 3 .....	179
Tabel 6.12 Hasil training HOG 16 <i>cell</i> dengan blok 2×2 untuk subset 4 .....	180
Tabel 6.13 Hasil pengujian seleksi kandidat dengan HOG 16 <i>cell</i> blok 2×2 .....	181
Tabel 6.14 Rangkuman hasil <i>F-measure</i> terbaik pada tahap seleksi kandidat ...	181
Tabel 6.15 Rangkuman kegagalan pada subproses ekstraksi kandidat dan .....	182
Tabel 6.16 Rangkuman kegagalan pada subproses ekstraksi kandidat dan .....	182
Tabel 6.17 Rangkuman hasil evaluasi keseluruhan tahap deteksi logo .....	183
Tabel 6.18 Perbandingan hasil ekstraksi kandidat logo pada beberapa metode .	183
Tabel 6.19 Perbandingan nilai presisi hasil deteksi logo keseluruhan.....	187
Tabel 6.20 Perbandingan nilai recall hasil deteksi logo keseluruhan .....	188
Tabel 6.21 Perbandingan nilai <i>F-measure</i> hasil deteksi logo keseluruhan.....	188
Tabel 6.22 Perbandingan waktu komputasi tahap deteksi logo keseluruhan.....	189
Tabel 6.23 Rangkuman perbandingan uji performa beberapa metode pada tahap deteksi logo .....	190
Tabel 6.24 Hasil akurasi pengenalan pabrikan dengan variasi ciri HOG .....	191
Tabel 6.25 <i>Confusion matrix</i> pengenalan pabrikan hasil pengujian di subset 1	192
Tabel 6.26 <i>Confusion matrix</i> pengenalan pabrikan hasil pengujian di subset 2	192
Tabel 6.27 <i>Confusion matrix</i> pengenalan pabrikan hasil pengujian di subset 3	193
Tabel 6.28 <i>Confusion matrix</i> pengenalan pabrikan hasil pengujian di subset 4	193

## DAFTAR SIMBOL

$i$	: Nilai threshold intensitas pada pencarian blob <i>Maximally Stable Extremal Regions</i> (MSER)
$Q_i$	: Blob yang terbentuk pada threshold $i$ pada pencarian blob MSER
$\Delta$	: Nilai rentang perubahan intensitas untuk mencari area blob MSER
$q(i)$	: Perubahan area blob $Q_i$ akibat perubahan nilai $\Delta$
$f(x, y)$	: Citra digital terletak pada sumbu $x$ dan sumbu $y$
$G_x$	: Nilai gradient sumbu $x$
$G_y$	: Nilai gradient sumbu $y$
$G[f(x, y)]$	: Resultan gradient ketika piksel pada koordinat $x, y$
$\theta(x, y)$	: Arah gradient pada koordinat $x, y$
$g(x, y)$	: Tepian pada koordinat $x, y$
$T$	: Nilai threshold penentu tepian
$\bullet$	: Operasi morfologi closing. $f(x, y) \bullet B$ merupakan operasi closing untuk citra $f(x, y)$ dengan kernel $B$
$\oplus$	: operasi morfologi dilasi. $f(x, y) \oplus B$ merupakan operasi dilasi untuk citra $f(x, y)$ dengan kernel $B$
$\ominus$	: operasi morfologi erosi. $f(x, y) \ominus B$ merupakan operasi erosi untuk citra $f(x, y)$ dengan kernel $B$
$\tau$	: Nilai threshold <i>aspect ratio</i> pada blob MSER
$\lambda$	: Nilai threshold penentuan tepi vertikal dominan
$\vee$	: Operasi logika OR
$\partial$	: Nilai threshold kumulatif piksel pada tahap perbaikan <i>bounding box</i>
$\sigma$	: Nilai batas toleransi <i>noise</i> pada tahap perbaikan <i>bounding box</i>